# Die Lumpen.

# Die Pumpen.

Eine

Darstellung ihrer Theorie, Construktion und Wirkungsweise.

Für

Maschinenfabrikanten, Ingenieure, Techniker, Brunnenbauer und Landwirthe.

Von

**Friedrich König,**

Ingenieur.

Mit 106 Illustrationen in Holzschnitt,

ausgeführt von Gebrüder Siméon in Braunschweig.

Jena,

Hermann Costenoble.

1869.

# Inhaltsverzeichniß.

## Zweiter Abschnitt.

## Pumpenconstruktionen.

## Dritter Abschnitt.

## Beschreibung von ausgeführten Pumpwerken,

mit besonderer Rücksicht auf die Anwendung derselben in den Bergwerken und zur Wasserversorgung der Städte.

# Einleitung.

---

Unter Pumpen versteht man im Allgemeinen diejenigen Maschinen, mittels welcher Flüssigkeiten von einem Orte an einen anderen gefördert werden. Die Flüssigkeiten können entweder elastisch flüssige (luftförmig) oder tropfbar flüssige sein; die ersteren werden durch die atmosphärische Luft, die letzteren durch das Wasser repräsentirt. Im vorliegenden Werke handelt es sich insbesondere um die Förderung von tropfbar flüssigen Stoffen und wenn diese nicht namentlich aufgeführt sind, so ist darunter immer Wasser verstanden. Die Pumpen sind nicht die einzigen Maschinen, welche zur Wasserförderung dienen, sondern es giebt deren vielerlei, die bezüglich der Construktion und der physikalischen wie mechanischen Principien, auf welchen ihre Wirkung beruht, wesentlich von einander abweichen. Die Pumpen selbst stimmen jedoch alle darin überein, daß ihre Wirkungsweise zunächst auf der Erzeugung eines luftverdünnten Raumes beruht, in welchem sodann das Wasser durch das Uebergewicht des atmosphärischen Luftdruckes gehoben wird; ferner stimmen sie alle darin überein, daß sie das auf die angegebene Weise gehobene, eigentlich angesaugte Wasser mittels mechanischer Einrichtungen nicht nur an seinem Rückgange hindern, sondern auch noch weiter fördern. Bei den meisten Pumpen geschieht die Erzeugung des luftverdünnten Saugraumes auf mechanischem Wege, während bei der Dampfstrahlpumpe das Vacuum durch die Condensation von Wasserdämpfen und bei der Wasserstrahl-

pumpe durch plötzliche Geschwindigkeitsänderungen eines Wasserlaufes erzeugt wird.

Die Mannichfaltigkeit in der Construction der Pumpen ist so groß als deren Wichtigkeit für das häusliche und gewerbliche Leben und so verschieden die Zwecke sind, zu welchen sie als Wasserhebungsmaschinen dienen.

Je nachdem die Arbeit einer Pumpe darin besteht, daß sie das Wasser nur ansaugt und an seinem Rückgange verhindert, wodurch eine fortgesetzte Anhäufung des gesaugten Wassers und endlich Ausguß desselben durch eine Oeffnung veranlaßt wird, oder daß die Pumpe das jedesmal gesaugte Wasser zugleich auch wieder weiter hebt oder drückt, unterscheidet man: Saugpumpen, Saug- und Hebepumpen und Druckpumpen. Ist das Saugen und Drücken auf einander folgend und nicht gleichzeitig, so nennt man die Pumpe einfachwirkend; findet jedoch während des Saugens zugleich auch eine Weiterbeförderung der gesaugten Wassersäule durch Druck statt, so ist die Pumpe doppeltwirkend. Der durch eine einfachwirkende Pumpe ausgeworfene Wasserstrahl ist deßhalb ein abgesetzter, stoßweise erfolgender, während eine doppeltwirkende Pumpe einen gleichmäßigeren, continuirlich fließenden Wasserstrahl fördert. Bezüglich der mechanischen Einrichtung der Pumpen unterscheidet man solche mit massivem und solche mit Ventilkolben, und zwar kann entweder nur ein solcher Kolben in einem Pumpencylinder sich bewegen oder es können zwei gleichartige oder ungleichartige Kolben in einem Cylinder zugleich arbeiten. Ferner ist zu unterscheiden, ob die Wasserwege einer Pumpe durch Ventile oder durch Schieber geöffnet und geschlossen werden, sowie ob die Bewegung des Kolbens eine beständig hin- und hergehende oder eine immer nur nach einer Richtung erfolgende, rotirende, ist.

Der Ort, an welchem eine Pumpe aufgestellt wird, und von wo dieselbe aus einem Behälter Wasser in einen andern fördern soll, ist manchmal auch von wesentlichem Einfluß auf die Wirkungs-

weise der Pumpe. Steht nämlich die Pumpe unterhalb des Behälters, aus dem das Wasser geschöpft werden soll, so füllt sie sich von selbst mit Wasser und das Saugen der Pumpe kommt in diesem Falle nicht zur Wirkung, sondern nur das mechanische in die Höhe Fördern der jedesmaligen Pumpenfüllung.

In dem hier vorausgeschickten Theile ist zugleich der Weg vorgezeichnet, auf welchem vorgegangen werden muß, um die zur Anlage von Pumpen erforderlichen Kenntnisse zu entwickeln und von den verschiedenartigen und besonders in neuerer Zeit vielseitig verbesserten Einrichtungen derselben ein möglichst klares, harmonisches Bild zu entwerfen. Zunächst sind die physikalischen und mechanischen Principien, auf deren Wechselwirkung die Thätigkeit der Pumpen beruht, ins Auge zu fassen und im Zusammenhang mit durch die Erfahrung gewonnenen Resultaten für die einzelnen Funktionen einer Pumpe vorzuführen. Sodann hat eine Schilderung der verschiedenen Pumpenconstructionen durch Wort und Bild zu folgen, wobei auf eine der Construction entsprechende Gruppirung Rücksicht zu nehmen ist. Zuletzt folgt eine gedrängte Beschreibung ausgeführter Pumpenwerke, wodurch die Anwendung der Pumpen zu verschiedenen, wichtigen Zwecken besonders vom praktischen Standpunkte aus gezeigt wird. Mit Zugrundlegung dieser Eintheilung oder Dreitheilung des vorliegenden Buches zerfällt dasselbe also in drei Abschnitte mit der Reihenfolge, wie sie eben eingehalten ist.

---

## Erster Abschnitt.

# Allgemeiner Theil.

### A. Das Saugen der Pumpen.

Das Saugen besteht darin, daß in dem obern Theile eines Gefäßes, z. B. einer Röhre, welches mit seinem unteren Theile in einem anderen mit Wasser gefüllten Gefäße steht, ein luftleerer oder luftverdünnter Raum erzeugt wird, in Folge dessen der äußere Luftdruck das Wasser in einem der Luftverdünnung entsprechenden Maaße in der Saugröhre zum Steigen bringt.

Die größte Saughöhe, d. h. die Höhe, auf welche selbst im luftleeren Raume durch Saugen im günstigsten Falle eine Flüssigkeit gehoben werden kann, ist abhängig von der Größe des äußeren, atmosphärischen Luftdruckes, der im Allgemeinen einer Wassersäule von 10,308 Meter das Gleichgewicht hält. Dadurch ist zugleich die Höhe der Pumpenstellung über dem zu saugenden Wasser begrenzt. Bei dem Pumpen anderer Flüssigkeiten als Wasser ist die größte Saughöhe ferner dem specifischen Gewichte der Flüssigkeiten umgekehrt proportional, sowie sie auch durch höhere Temperatur der Flüssigkeiten um die Höhe einer Flüssigkeitssäule verringert wird, die den bei dieser Temperatur sich entwickelnden Dämpfen das Gleichgewicht hält.

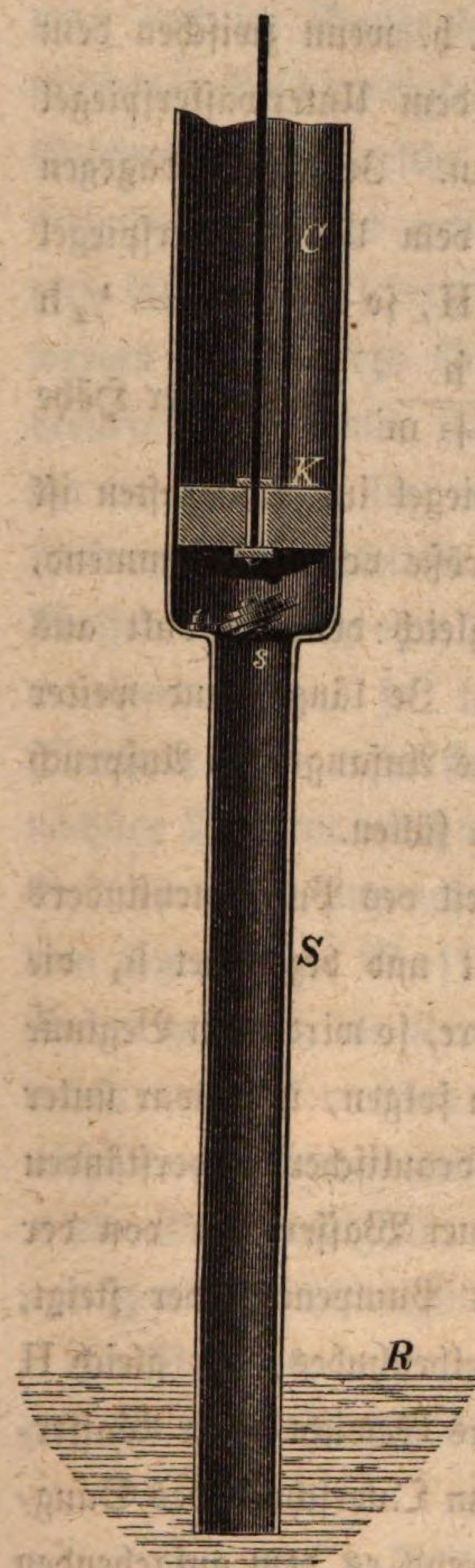


Fig. 1.

Befindet sich der Kolben K in Fig. 1 in seinem niedrigsten Stande, so steht die im Saugrohre S und im untern Theile des Pumpencylinders C befindliche Luft, deren Quantität mit L bezeichnet werde, mit der äußeren oder atmosphärischen Luft im Gleichgewichte. Wird der Kolben in die Höhe gezogen, so vertheilt sich dieses Luftquantum, weil sich bei dem Aufgange des Kolbens das Ventil s öffnet, in den dadurch entstehenden größeren Raum und verliert, da sie in demselben Maaße dünner wird, an ihrer ursprünglichen Elasticität, so, daß sie nunmehr der äußern Luft das Gleichgewicht nicht mehr halten kann, weßhalb die letztere das Wasser aus dem Reservoir R bis auf eine gewisse Höhe in das Saugrohr S hineindrückt.

Bezeichnet h die Höhe einer Wassersäule, welche dem Drucke einer Atmosphäre das Gleichgewicht hält, H die Größe des Kolbenhubes, F die Querschnittsfläche des Pumpenkolbens, n·F das Luftvolumen, welches im Anfange bei dem niedrigsten Kolbenstande noch zwischen dem Kolben und dem Unterwasserspiegel enthalten ist, sowie $h_2$ die größte Höhe, auf welche das Wasser steigen kann, wenn der Kolben seinen höchsten Stand erreicht hat; so findet man

$$h : h_2 = (H + n)\, F : H \cdot F$$

$$h_2 = \frac{h \cdot H \cdot F}{(H + n)\, F} = \frac{h \cdot H}{H + n} = \frac{h}{1 + \frac{n}{H}}$$

Hieraus folgt, daß nur für $n = 0$, d. h. wenn zwischen dem Kolben, bei seinem tiefsten Stande, und dem Unterwasserspiegel kein Zwischenraum bliebe, $h = h_1$ sein kann. Je größer dagegen $n$ wird, d. h. je höher die Pumpe über dem Unterwasserspiegel steht, desto kleiner fällt $h_2$ aus. Ist $n = H$, so wird $h_2 = \frac{1}{2} h$ und allgemein für $n = m \cdot H$ ist $h_2 = \frac{h}{1 + m}$. Außer der Höhe der Pumpenstellung über dem Unterwasserspiegel im Saugkasten ist auch die Weite der Saugröhren auf die Größe von $n$ bestimmend, indem die im Saugrohre enthaltene Luft gleich dem Produkt aus dem Querschnitt und der Länge desselben ist. Je länger und weiter die Saugröhre ist, desto mehr Zeit wird das Ansaugen in Anspruch nehmen, um das Saugrohr mit Wasser zu füllen.

Ist das Saugrohr und der untere Theil des Pumpencylinders bis zum tiefsten Stande mit Wasser gefüllt und bezeichnet $h_1$ die vertikale Höhe diese Wassersäule im Saugrohre, so wird beim Beginne des Kolbenaufgangs das Wasser dem Kolben folgen, und zwar unter einem Drucke $K$, der, abgesehen von den hydraulischen Widerständen im Saugrohre, gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule von der Höhe $h - h_1$. Je höher der Kolben im Pumpencylinder steigt, desto größer wird $h_1$ bis am Ende des Kolbenhubes, der gleich $H$ ist, die Kraft $K$ ausgedrückt wird durch das Gewicht einer Wassersäule von der Höhe $h - (h_1 + H)$ und dem Querschnitt des Saugrohres. Die Bewegung des Wassers, während es dem aufgehenden Pumpenkolben folgt, geschieht daher unter der Einwirkung einer gleichmäßig abnehmenden Kraft. Hat der Pumpenkolben während seines Aufganges, vom Beginne bis zum Ende desselben, eine gleichmäßige Geschwindigkeit, die diejenige des Wassers im Saugrohre nicht übersteigt, so wird das Wasser dem Kolben mit dessen Geschwindigkeit immer folgen können. Ist jedoch die Kolbengeschwindigkeit während eines jeden Hubes, wie gewöhnlich, eine veränderliche, nämlich eine gleichmäßig ab- und zunehmende, so

wird das im Saugrohre befindliche Wasser ebenfalls diese verschiedenen Geschwindigkeiten durchmachen müssen, die mit derjenigen Geschwindigkeit, welche das Wasser in Folge des auf ihn wirkenden äußeren Luftdruckes annehmen könnte, nicht übereinstimmen. Durch diese beständigen Uebergänge von einer Geschwindigkeit in eine andere werden unausgesetzt Störungen im Wasserlaufe des Saugrohres verursacht, die unter Umständen auf die Leistung und Dauerhaftigkeit der Pumpen sehr nachtheilig wirken können. Wird z. B. die Kolbengeschwindigkeit momentan größer, als diejenige ist, welche das Wasser im Saugrohre in Folge des auf ihn wirkenden Luftdruckes annehmen kann, so kann das Wasser dem Kolben in diesem Momente nicht mehr folgen, wird sich von ihm trennen, um im nächsten Moment durch das dadurch entstehende Vacuum eine größere Geschwindigkeit anzunehmen und sich unter einem heftigen Schlage, dem sogenannten Wasserschlage, wieder dem Kolben anschließen. Nennt man K die Kraft, welche auf das Wasser im Saugrohre drückt und diesem seine aufsteigende Bewegung ertheilt, G das Gewicht der zu bewegenden Wassermasse im Saugrohre und Cylinder, v die Geschwindigkeit, welche nach Verlauf einer Zeit t eintritt und g die Beschleunigung in jeder Sekunde beim freien Falle, sowie s den Weg, der während der Zeit t zurückgelegt wird, so bestehen zwischen diesen Größen die Beziehungen

$$v = g \cdot \frac{K}{G} \cdot t$$

$$s = {}^1/_2 \cdot v \cdot t, \text{ woraus folgt}$$

$$K \cdot s = \frac{G}{2\,g}\, v^2 \quad \text{und}$$

$$v = \sqrt{\frac{K \cdot s \cdot 2\,g}{G}}$$

Die Kraft K ist, wie oben schon erwähnt, während des Kolbenaufgangs eine veränderliche, sowie auch das Gewicht G des

bewegten Wasserkörpers; K wird während des Kolbenaufganges immer kleiner bis es am Ende desselben gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule von der Höhe $h - (h_1 + H)$, während G im Verlaufe des Kolbenaufganges immer größer wird, und zwar um das Gewicht einer Wassermenge, die dem Produkte aus dem Kolbenquerschnitt und der Hubhöhe entspricht. Der mittlere Werth der Kraft K ist demnach, wenn $\gamma$ das Gewicht der Kubikeinheit Wasser, $F_1$ den Querschnitt des Saugrohres, F den des Pumpenkolbens bezeichnet und H die Länge des Saugrohres vom Unterwasserspiegel bis Kolben beim tiefsten Stand.

$$K = \frac{(h - h_1) + h - (h_1 + H)}{2} \cdot F_1 \cdot \gamma$$

$$= (h - h_1 - \frac{1}{2} H) \cdot F_1 \cdot \gamma$$

und der mittlere Werth von G ist gleich

$$G = (L F_1 + \tfrac{1}{2} H \cdot F) \gamma$$

Die Geschwindigkeit v des Wassers im Saugrohr, nachdem es darin den Weg $s_1$ zurückgelegt hat, berechnet sich demnach:

$$v_1 = \sqrt{\frac{(h - h_1 - \tfrac{1}{2} H) \cdot F_1 \cdot \gamma}{(L F_1 + \tfrac{1}{2} H \cdot F) \gamma} \cdot 2 g \cdot s_1} \qquad 1)$$

Der Weg $s_1$, den das Wasser im Saugrohre zurückzulegen hat, um dem Kolben im Cylinder folgen zu können, verhält sich zu dem entsprechenden Kolbenhube wie umgekehrt der Querschnitt des Kolbens zu dem des Saugrohr. Bezeichnet s den Weg, welchen der Kolben in irgend einem Zeitabschnitt zurückgelegt hat, so ist

$$s : s_1 = F_1 : F$$

$$s_1 = \frac{s \cdot F}{F_1}, \text{ wonach}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{(h - h_1 - \frac{1}{2} H) F_1}{(L F_1 + \frac{1}{2} H \cdot F)} \cdot 2 g \cdot \frac{s \cdot F}{F_1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(h - h_1 - \frac{1}{2} H) F}{(L F_1 + \frac{1}{2} H \cdot F)} \cdot 2 g s} \qquad 2)$$

Setzt man $s = \frac{H}{m}$, so erhält man:

$$v_1 = \sqrt{\frac{(h - h_1 - \frac{1}{2} H) F}{(L F_1 + \frac{1}{2} H F)} \cdot \frac{H}{m} \cdot 2 g} \qquad 3)$$

Die Geschwindigkeit des Wassers im Saugrohre verhält sich zu der des Wassers im Pumpencylinder, wenn es dem Kolben folgt, wie $s_1 : s$ oder ebenfalls umgekehrt, wie die Querschnittsflächen des Kolbens und der Saugröhre, also wie $F_1 : F$. Bezeichnet v die mittlere Kolbengeschwindigkeit, so hat man:

$$v : v_1 = s : s_1 = F_1 : F$$

$$\text{und } v = \frac{v_1 F_1}{F}$$

$$= \sqrt{\frac{F_1^2}{F^2} \cdot \frac{H}{m} \cdot 2 g \cdot F \left(\frac{h - h_1 - \frac{1}{2} H}{L F_1 + \frac{1}{2} H F}\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{F^2_1}{F} \frac{H}{m} \cdot 2 g \cdot \frac{(h - h_1 - \frac{1}{2} H)}{(L F_1 + \frac{1}{2} H F)}} \qquad 4)$$

Bezeichnet man mit n die Anzahl Kolbenspiele pr. Minute, so erhält man

$$v = \frac{n}{30} \cdot H \qquad 5)$$

Aus den beiden Formeln 4) und 5) läßt sich nun die Anzahl Kolbenspiele pr. Minute berechnen, bei welcher die mittlere Kolbengeschwindigkeit v einer Geschwindigkeit $v_1$ entspricht, die durch den mittleren Druck K der äußeren Luft auf ein mittleres Wassergewicht G im Saugrohr erzeugt werden kann. Es ist nämlich

$$\frac{n}{30}\cdot H = \sqrt{\frac{F_1{}^2}{F}\cdot\frac{H}{m}\cdot 2g\frac{(h - h_1 - \frac{1}{2}H)}{(L F_1 + \frac{1}{2}H F)}}$$

$$n = 30\sqrt{\frac{F_1{}^2}{F}\cdot\frac{2g}{m\cdot H}\cdot\frac{(h - h_1 - \frac{1}{2}H)}{(L F_1 + \frac{1}{2}H F)}}$$

Setzt man ferner $m = 1$, so daß also $s = H$ ist, so erhält man

$$n = 30\sqrt{\frac{F_1{}^2}{F\cdot H}\cdot 2\,g\cdot\frac{(h - h_2 - \frac{1}{2}H)}{(L F_1 + \frac{1}{2}H F)}} \qquad 6)$$

$F\cdot H$ ist gleich der Hubwassermenge, die mit $Q$ bezeichnet werden soll, und $L F_1$ ist gleich der Wassermenge, welche das Saugrohr vom Unterwasserspiegel bis zum tiefsten Kolbenstand zu fassen vermag und die mit $q$ bezeichnet werden soll, wonach sich obige Formel 6 zu folgender gestaltet:

$$n = 30\sqrt{\frac{F_1{}^2(h - h_1 - \frac{1}{2}H)}{Q(\frac{1}{2}Q + q)}\cdot 2\,g} \qquad 7)$$

Aus der letzten Formel ist ersichtlich, daß die zulässige Anzahl der Kolbenspiele pr. Minute um so kleiner ausfällt, je größer die Hubwassermenge und insbesondere je größer der Kolbenhub ist und ferner um so kleiner wird, je größer die Saughöhe $h_1$ und die im Saugrohre enthaltene Wassermenge ist. Dagegen kann die Anzahl der Kolbenspiele vermehrt werden, wenn der Querschnitt der Saugröhre größer wird.

Damit der Kolbenhub nicht zu groß ausfällt, ist es daher zweckmäßig, den Kolbendurchmesser möglichst groß zu nehmen, wodurch die Anzahl der Kolbenspiele ebenfalls größer ausfällt, als wenn der Kolbenhub möglichst groß gewählt würde. Ist eine größere Anzahl Kolbenspiele statthaft, so kann, um pr. Minute eine bestimmte Wassermenge zu heben, die Hubwassermenge kleiner sein, was ebenfalls wieder günstig für eine größere Anzahl Kolbenspiele ist.

In obigen Formeln sind 2 g, h und die Zahl 30 Constanten, die alle in Zahlen ausgedrückt werden können. Folgende Tabelle enthält die Werthe für h und 2 g in verschiedenen Landesmaaßen ausgedrückt.

Tabelle I.

| | Deutschland. | Baden. | Bayern. | Hessen. | Preußen. | Sachsen. | Würtemberg. | Oestreich. | England. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Meter. | Fuß. | Fuß. | Fuß. | Fuß. | Fuß. | Fuß. | Fuß. | Fuß. |
| $2g =$ | 19,616 | 65,40 | 67,26 | 78,48 | 62,50 | 69,26 | 68,48 | 62,06 | 64,40 |
| $\sqrt{2g} =$ | 4,429 | 8,084 | 8,200 | 8,858 | 7,906 | 8,333 | 8,275 | 7,878 | 8,022 |
| Atmosphärendruck $= h =$ | 10,308 | 34,36 | 35,32 | 41,23 | 32,84 | 36,40 | 35,86 | 32,61 | 33,82 |

Setzt man in obige Formel aus dieser Tabelle die Werthe von 2 g und h für Metermaaß ein, so erhält man:

$$n = 132,87 \sqrt{\frac{F_1^2 (10,308 - (h_1 + \frac{1}{2} H)}{Q (\frac{1}{2} Q + q)}} \qquad 8)$$

Bei allen vorstehenden Rechnungen wurde der hydraulische Widerstand beim Eintritt des Wassers in die Saugröhre und innerhalb derselben vorläufig außer Acht gelassen, um die Betrachtungen möglichst zu vereinfachen.

Berücksichtigt man diese Widerstände, so erhält man den wirklichen Werth für v, wenn man den oben in Formel 4 gefundenen noch mit dem Ausdruck

$$\left(1 + \zeta_0 + \zeta \frac{L}{D}\right) \text{ dividirt,}$$

worin $\zeta$ den Reibungscoefficienten des Wassers in der Saugröhre und $\zeta_0$ den der Einmündung bezeichnet, sowie ferner L die Länge und $D_1$ den Durchmesser der Saugröhre bedeutet. Um den wirk-

lichen Werth für n zu erhalten, sind daher die unter 6, 7 und 8 gefundenen Ausdrücke ebenfalls noch mit

$$\left(1 + \zeta_0 + \zeta \frac{L}{D_1}\right) \text{ zu dividiren.}$$

Der Coefficient des Eintrittswiderstandes $\zeta_1$ ist zu 0,505 anzunehmen und der Reibungscoefficient $\zeta$ kann aus folgender Tabelle gefunden werden:

Tabelle II.

| Für eine Geschwindigkeit v = Meter | 0,03 | 0,06 | 0,09 | 0,15 | 0,18 | 0,24 | 0,3 | 0,45 | 0,6 | 0,9 | 1,5 | 2,4 | 3,6 | 6,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\zeta$ — 0,0 | 679 | 522 | 458 | 383 | 362 | 333 | 313 | 282 | 263 | 242 | 220 | 204 | 192 | 182 |

Statt der Gleichung 8 erhält man also:

$$n = \frac{132,87}{\left(1 + 0,505 + \zeta \frac{L}{D_1}\right)} \cdot \sqrt{\frac{F_1^2 (10,308 - (h_1 + {}^1\!/_2 H)}{Q ({}^1\!/_2 Q + q)}}$$

Da $F_1 = D_1^2 \frac{D}{4} = 0,785 \, D_1^2$ ist, so wird

$$n = \frac{0,785 \cdot 132,87}{1 + 0,505 + \zeta \frac{L}{D_1}} D_1^2 \sqrt{\frac{10,308 - (h_1 + {}^1\!/_2 H)}{Q ({}^1\!/_2 Q + q)}}$$

$$= \frac{104,3 \, D_1^2}{\left(1,505 + \zeta \frac{L}{D_1}\right)} \cdot \sqrt{\frac{10,308 - (h_1 + {}^1\!/_2 H)}{Q ({}^1\!/_2 Q + q)}} \qquad 9)$$

Bei Anlage eines Pumpenwerkes ist in der Regel die pr. Minute zu hebende Wassermenge V gegeben, wonach dann die Dimensionen der Pumpen und Röhren zu bestimmen sind. Durch die

Anzahl n der Kolbenspiele pr. Minute ergiebt sich aus V die Hubwassermenge Q, indem diese für einfachwirkende Pumpen, welche nur bei dem Auf- oder Niedergange des Kolbens saugen, gleich $\frac{V}{n}$ und bei doppeltwirkenden Pumpen, welche sowohl beim Auf- als wie beim Niedergange des Kolbens saugen, gleich $\frac{V}{2n}$ ist. Die obige Gleichung 9 verwandelt sich daher in:

1) für einfachwirkende Pumpen:

$$n = \frac{104{,}3\, D_1{}^2}{\left(1{,}505 + \zeta \frac{L}{D_1}\right)} \cdot \sqrt{\frac{10{,}308 - (h_1 + {}^1\!/_2 H)}{\frac{V}{n} \cdot \left(\frac{V}{2n} + q\right)}}$$

$$n = \frac{(104{,}3)^2 D_1{}^4}{\left(1{,}505 + \zeta \frac{L}{D_1}\right)^2} \cdot \frac{10{,}308 - (h_1 + {}^1\!/_2 H)}{V \cdot q} - \frac{V^2}{2} \quad 10)$$

2) für doppeltwirkende Pumpen:

$$n = \frac{2 \cdot (104{,}3)^2 D_1{}^4}{\left(1{,}505 + \zeta \frac{L}{D_1}\right)^2} \cdot \frac{10{,}308 - (h_1 + {}^1\!/_2 H)}{V\, q} - \frac{V^2}{4} \quad 11)$$

Setzt man, statt des Ausdruckes $10{,}308 - (h_1 + {}^1\!/_2 H)_1$, $h_2$ ein und vernachlässigt man die beiden Subtrahenten $\frac{V^2}{2}$ und $\frac{V^2}{4}$, was, ohne die Richtigkeit obiger Formeln wesentlich zu beeinflussen, geschehen kann, so erhält man:

1) für einfachwirkende Pumpen:

$$n = \frac{(104{,}3)^2 D^4}{\left(1{,}505 + \zeta \frac{L}{D_1}\right)^2} \cdot \frac{h_2}{V \cdot q}$$

2) für doppeltwirkende Pumpen:

$$n = 2 \cdot \frac{(104,3)^2\, D^4}{\left(1,505 + \zeta\, \frac{L}{D_1}\right)^2} \cdot \frac{h_2}{Vq}.$$

Indem man statt q den Ausdruck $\frac{D}{4} D_1{}^2 \cdot L = 0,785\, D_1{}^2 L$, welcher gleich q ist, einsetzt, werden obige Formeln weiter vereinfacht und man erhält:

1) $$n = \frac{13858,_0 \cdot D_1{}^2}{L\left(1,505 + \zeta\, \frac{L}{D_1}\right)^2} \cdot \frac{h^2}{V} \qquad 12)$$

2) $$n = \frac{27716,_0 \cdot D_1{}^2}{L\left(1,505 + \zeta\, \frac{L}{D_1}\right)^2} \cdot \frac{h^2}{V} \qquad 13)$$

Sieht man vorläufig von den hydraulischen Widerständen ab, so erhält man die Formeln in ihrer einfachsten Gestalt, nämlich:

1) $$n = 13858 \cdot \frac{D_1{}^2 \cdot h_2}{L \cdot V} \qquad 14)$$

2) $$n = 27716 \cdot \frac{D_1{}^2 \cdot h_2}{L \cdot V}. \qquad 15)$$

Den Durchmesser $D_1$ der Saugröhren im Lichten erhält man nach 15 und 14:

1) für einfachwirkende Pumpen:

$$D_1 = 0,0085 \sqrt{\frac{L \cdot V \cdot n}{h_2}} \text{ Meter.} \qquad 16)$$

2) für doppeltwirkende Pumpen:

$$D_1 = 0,006 \sqrt{\frac{L \cdot V \cdot n}{h_2}} \text{ Meter.} \qquad 17)$$

Man sieht aus diesen Formeln, daß der Durchmesser der Saugröhren zunimmt mit der Quadratwurzel aus der Länge der Saugröhren, aus der pr. Minute zu hebenden Wassermenge und aus der Anzahl der Kolbenspiele; dagegen nimmt die Weite der Saugröhren ab, je größer $h_2$ ist, d. h. je kleiner die Höhe $h_1$ ist, auf welche das Wasser angesaugt werden muß und ferner je kleiner der Kolbenhub H ist, da $h_2$ gleich ist $h - (h_1 + \frac{1}{2}H)$.

Die obigen Formeln 16 und 17 dienen hauptsächlich nur dazu, um die Lichtweite der Saugröhren zuerst annäherungsweise, ohne Berücksichtigung der hydraulischen Widerstände zu berechnen. Hat man $D_1$ annäherungsweise berechnet, so ist dasselbe noch mit $\left(1{,}505 + \zeta \frac{L}{D_1}\right)$ zu multipliciren, um den Werth für $D_1$ mit Rücksicht auf die hydraulischen Widerstände zu finden. Es sei z. B. $L = 10{,}_0$ Meter, $V = 1$ Cubikmeter, die Anzahl n der Kolbenspiele pr. Minute = 16 und die größte Saughöhe $h_1 = 7{,}308$, also $h_2 = 3{,}00 - \frac{1}{2}H$; nimmt man vorläufig $\frac{1}{2}H = 0{,}5$ Meter, so ist $h_2 = 2{,}5$ Meter. Der Durchmesser $D_1$ ist dann für einfachwirkende Pumpen:

$$D_1 = 0{,}0085 \sqrt{\frac{10{,}_0 \cdot 1{,}_0 \cdot 16}{2{,}5}} = \frac{0{,}0085}{1} \cdot 4 \cdot \sqrt{\frac{10}{2{,}5}}$$

$$= 0{,}0340 \cdot \sqrt{4} = 0{,}068 \text{ Meter.}$$

Mit Rücksicht auf die hydraulischen Widerstände fällt jedoch $D_1$ größer als 0,068 Meter aus, und man muß deßhalb auch in dem Ausdrucke $1{,}505 + \zeta \frac{L}{D_1}$ schon $D_1$ größer als 0,068 Meter einsetzen. Nimmt man z. B. $D_1$ statt 0,0768 zu 0,13 Meter an, so ist $\left(1{,}505 + \frac{\zeta L}{D_1}\right)$ im vorliegenden Falle gleich $1{,}505 + \frac{\zeta 10{,}0}{0{,}13}$;

für eine Geschwindigkeit des Wassers im Saugrohre von 0,6 Meter ist nach Tabelle II $\zeta = 0{,}0262$, wonach man obigen Ausdruck zu $1{,}505 + \frac{0{,}0262 \cdot 10{,}_0}{0{,}13}$ erhält oder gleich $1{,}505 + 2{,}_0 = 3{,}505$.

Den oben gefundenen Annäherungswerth für $D_1$ von 0,068 Meter mit 3,505 multiplicirt, erhält man 0,2370, was fast doppelt so groß ist, als der oben angenommene Werth für $D_1 = 0{,}13$ Meter, welche beide Werthe jedoch, wenn die Rechnung richtig sein soll, übereinstimmen müssen. Nimmt man für $D_1$ statt 0,13 Meter 0,2 Meter an, so wird $\left(1{,}505 + \zeta \frac{L}{D_1}\right) = 1{,}505 + \frac{0{,}0262 \cdot 10{,}_0}{0{,}2}$ $= 131 + 1{,}505 = 2{,}8$. Den berechneten Werth $D_1$ zu 0,068 damit multiplicirt, erhält man $0{,}068 \cdot 2{,}8 = 0{,}190$ Meter, was dem angenommenen Werth schon ziemlich nahe kommt. Nimmt man jetzt $D_1$ zu 0,194 und berechnet danach $\left(1{,}505 + \zeta \frac{L}{D_1}\right)$, so erhält man 2,85, womit 0,068 zu multipliciren ist, um $D_1 = 0{,}194$ Meter zu erhalten, also ganz gleich wie die Annahme mit 0,194 Meter.

Um pr. Minute 1 Cubikmeter Wasser mit einer einfachwirkenden Pumpe zu heben, ist unter obigen Annahmen demnach das $10{,}_0$ Meter lange Saugrohr wenigstens 0,194 Meter weit zu machen.

Berechnet man nun mit dem gefundenen Werth von $D_1 = 0{,}194$ Meter nach der Formel 12 den Werth von n, so erhält man den dafür oben vorläufig zur Berechnung von $D_1$ angenommenen Werth desselben = 16. Wählt man $D_1$ größer als 0,194 Meter, so kann auch die Anzahl n der Kolbenspiele eine größere sein, und umgekehrt.

Nach Formel 5 ist die Kolbengeschwindigkeit $v = \frac{n}{30} H$, worin, wenn n gefunden, noch H zu bestimmen ist, um den Werth v berechnen zu können. Durch die Wassermenge V pr. Minute und die Zahl n ist nun allerdings auch die Hubwassermenge Q und

damit das Produkt aus Kolbenhub und Kolbenfläche, nämlich F·H, bekannt. Das Verhältniß des Hubes zum Querschnitt des Kolbens ist jedoch besonders von der Betriebskraft und deren Transmission sehr abhängig, so daß immer für jeden einzelnen Fall besonders bestimmt werden muß. Bei einfachwirkenden Pumpen wechselt dieses Verhältniß von 1 : 1½ bis 2 und bei doppeltwirkenden Pumpen von 1 : 2 bis 4.

Nach Dupuit ist die Zeit, welche der Pumpencylinder braucht, um sich zu füllen in Sekunden

$$T = 2\sqrt{\frac{L \cdot F \cdot H}{h_2 \cdot F_1 \cdot 2\,g}},$$

worin die Buchstaben die in den obigen Formeln gegebene Bedeutung haben. Für die Wassermenge V, welche pr. Minute zu fördern ist, erhält man die Anzahl n der Kolbenspiele, wenn man die Sekundenzahl pr. Minute, nämlich 60 für einfachwirkende Pumpen, durch T und für doppeltwirkende Pumpen durch $\frac{T}{2}$ dividirt, wonach man erhält:

1) $$n = \frac{60}{2\sqrt{\frac{L \cdot F \cdot H}{h_2\ F_1\ 2\,g}}} = 30\sqrt{\frac{h_2\ F_1 \cdot 2\,g}{L \cdot F \cdot H}}.$$

F·H ist gleich der Hubwassermenge, gleich $\frac{V}{n}$, weßhalb

$$n = 30\sqrt{\frac{h_2\ F_1 \cdot 2\,g}{L \cdot \frac{V}{n}}}$$ und da ferner $\sqrt{2\,g} = 4{,}429$ Meter,

sowie $F_1 = D_1{}^2\,\frac{\pi}{4} = 0{,}785\ D_1{}^2$, so ist

$$n = 30 \cdot 4{,}429\ D_1\sqrt{\frac{0{,}785\ h_2}{L \cdot \frac{V}{n}}}.$$

$$n^2 = \frac{(132,87)^2 \cdot D_1{}^2\, h_2 \cdot n \cdot 0,785}{L \cdot V}$$

$$n = \frac{13858\, D_1{}^2 \cdot h_2}{L \cdot V}$$

2) für doppeltwirkende Pumpen:

$$n = 27716 \cdot \frac{D_1{}^2 \cdot h_2}{L \cdot V}.$$

Die Formeln von Dupuit stimmen ganz mit den von mir entwickelten und unter 14 und 15 aufgeführten überein; sie geben jedoch keine richtigen Resultate, wenn man nicht noch die Coefficienten für die hydraulischen Widerstände mit hineinbringt, wie dieß bei meinen Formeln 12 und 13 der Fall ist.

Mittels der Formeln 12 und 13 läßt sich der Durchmesser der Saugröhren auch unmittelbar finden, ohne denselben zuvor durch 14 und 15 annäherungsweise berechnet zu haben. Gleichung 12 ist nämlich

$$n = \frac{13858\, D_1{}^2\, h_2}{L \cdot V \left(1,505 + \zeta \frac{L}{D_1}\right)^2}, \text{ daraus folgt}$$

$$\sqrt{n} = \frac{117,7\, D_1}{\left(1,505 + \zeta \frac{L}{D_1}\right)} \sqrt{\frac{h_2}{L\, V}} = \frac{117,7\, D_1{}^2}{1,505\, D_1 + \zeta L} \sqrt{\frac{h_2}{L\, V}}$$

woraus sich folgende quadratische Gleichung entwickelt:

$$D_1{}^2 - D_1\, 0,01278 \sqrt{\frac{L \cdot V \cdot n}{h_2}} = 0,0085\, \zeta \cdot L \cdot \sqrt{\frac{L\, V\, n}{h_2}}$$

daher

16) $$D_1 = 0,00639 \sqrt{\frac{L\, V\, n}{h_2}} + \sqrt{\sqrt{\frac{L \cdot V \cdot n}{h_2}} \left[0,0085\, \zeta\, L + 0,000041 \cdot \sqrt{\frac{L\, V\, n}{h_2}}\right]}$$

Berechnet man das oben gegebene Zahlenbeispiel, wonach V = 1 Cubikmeter, L = 10,0 Meter, $h_2 = 2,5$ Meter, n = 16 und $\zeta = 0,0262$ ist, nach dieser Gleichung, so erhält man:

$$D_1 = 0,00639 \sqrt{\frac{10 \cdot 1 \cdot 16}{2,5}} + \sqrt{\sqrt{\frac{10 \cdot 1 \cdot 16}{2,5}}\left[0,0085 \cdot 0,262 + 0,000041 \sqrt{\frac{10 \cdot 1 \cdot 16}{2,5}}\right]}$$

$$= 0,00639 \cdot 8 + \sqrt{8[0,002227 + 0,000328]}$$

$$= 0,05112 + \sqrt{0,02044} = 0,05112 + 0,143 = 0,194 \text{ Meter},$$

wie es oben auf dem Wege annäherungsweiser Berechnung ebenfalls gefunden wurde.

Für doppeltwirkende Pumpen erhält man aus Gleichung 13:

$$\sqrt{n} = \frac{166,5\, D_1}{\left(1,505 + \zeta \frac{L}{D_1}\right)} \cdot \sqrt{\frac{h_2}{L\, V}}$$

17) $$D_1 = 0,00452 \sqrt{\frac{L\, V\, n}{h_2}} + \sqrt{\sqrt{\frac{L\, V\, n}{h_2}}\left[0,006\, \zeta\, L + 0,0000204 \sqrt{\frac{L\, V\, n}{h_2}}\right]}$$

Auf obiges Zahlenbeispiel angewendet, erhält man:

$$D_1 = 0,00452 \cdot 8 + \sqrt{8\,[0,00157 + 0,0001632]}$$

$$= 0,03616 + \sqrt{0,0138656} = 0,03616 + 0,1178 = 0,154 \text{ Meter}.$$

Viele nehmen zur Berechnung der Dimensionen für doppeltwirkende Pumpen einfach das Verhältniß an, daß die Querschnittsfläche der Saugröhren F für doppeltwirkende Pumpen nur halb so groß sei, als für einfachwirkende Pumpen, und demnach die bezüglichen Durchmesser der Saugröhren sich zu einander verhalten wie $\frac{D_1}{\sqrt{2}} : D_1$:. Demnach hätte man nur den für einfachwirkende

Pumpen berechneten Durchmesser $D_1$ mit $\sqrt{2} = 1{,}414$ zu dividiren, um den für doppeltwirkende Pumpen zu erhalten. In dem vorstehenden Zahlenbeispiel erhielt man in diesem Falle statt 0,154 Meter nur $\frac{0{,}194}{1{,}414} = 0{,}137$ Meter, also beinahe 2 Centimeter weniger als man durch Anwendung der Gleichung 17 erhält. Diese Differenz der beiden Resultate kommt daher, weil mit der Abnahme der Lichtweite der Saugröhren bei gleicher Länge derselben die hydraulischen Widerstände verhältnißmäßig größer, die Anzahl n der Kolbenspiele aber um so kleiner wird. Ein richtiges Resultat erhält man deßhalb nur, wenn man die Durchmesser $D_1$ nach den Formeln 16 und 17 berechnet, indem darin alle belangreichen Faktoren berücksichtigt sind.

Um den Einfluß, welchen die Länge der Saugröhren auf die Größe der Lichtweite dieser Röhren hat, kennen zu lernen, will ich das bisher aufgestellte Zahlenbeispiel auch ferner beibehalten, nur für L der Reihe nach verschiedene Werthe einsetzen und demnach $D_1$ für einfachwirkende Pumpen berechnen.

Von der Größe $h_2 = h - (h_1 + \frac{1}{2} H)$ ist die Minimallänge des Saugrohres abhängig, da dieselbe natürlich nie kleiner als die Saughöhe $h_1$, welche die senkrechte Höhe des tiefsten Kolbenstandes über dem Unterwasserspiegel mißt, sein kann. Im vorliegenden Zahlenbeispiel wurde $h_1$ zu 7,3 Meter angenommen, welches daher zugleich für diesen Fall die Minimallänge des Saugrohres ist, wenn dasselbe eine senkrechte Stellung hat.

1) Für L = 7,3 Meter ist:

$$D_1 = 0{,}00639 \cdot 6{,}7 + \sqrt{6{,}7\,(0{,}0016257 + 0{,}0002747)}$$
$$= 0{,}0428 + 0{,}113 = 0{,}1558 \text{ Meter.}$$

2) Für L = 15 Meter ist:

$$D_1 = 0{,}00639 \cdot 9{,}8 + \sqrt{9{,}8\,(0{,}00336 + 0{,}0004018)}$$
$$= 0{,}0626 + 0{,}192 = 0{,}2546 \text{ Meter.}$$

3) Für L = 20 Meter ist:

$$D_1 = 0{,}00639 \cdot 11{,}3 + \sqrt{11{,}3\,(0{,}00445 + 0{,}0004633)}$$
$$= 0{,}0722 + 0{,}2356 = 0{,}3078 \text{ Meter.}$$

4) Für L = 30 Meter ist:

$$D_1 = 0{,}00639 \cdot 13{,}8 + \sqrt{13{,}8\,(0{,}006681 + 0{,}0005658)}$$
$$= 0{,}0892 + 0{,}3162 = 0{,}4054 \text{ Meter.}$$

5) Für L = 50 Meter ist:

$$D_1 = 0{,}00639 \cdot 17{,}9 + \sqrt{17{,}9\,(0{,}011135 + 0{,}0007339)}$$
$$= 0{,}114 + 0{,}46 = 0{,}564 \text{ Meter.}$$

Man sieht aus diesen wenigen Beispielen, daß der Durchmesser der Saugröhren mit der Länge derselben rasch wächst und deßhalb für lange Saugröhren unverhältnißmäßig weite Röhren nöthig werden. Um mit engeren Röhren auch für größere Saugstrecken auszukommen, hat man in der Anwendung von Saugwindkesseln ein praktisches Mittel gefunden, und werde ich diesen Gegenstand in einem besonderen Absatze näher beleuchten. Zunächst will ich noch durch einige Zahlenbeispiele zeigen, welchen Einfluß die Zahl der Kolbenspiele auf die Weite der Saugröhren hat. Mit Ausnahme des Werthes für n soll wieder wie oben das benutzte Zahlenbeispiel für eine Saugrohrlänge L von 10,0 Meter gelten.

1) Für n = 9 ist:

$$D_1 = 0{,}00639 \cdot 2 \cdot 3 + \sqrt{6\,(0{,}002227 + 0{,}000041 \cdot 6)}$$
$$= 0{,}03834 + \sqrt{0{,}014838} = 0{,}038 + 0{,}122 = 0{,}16 \text{ Meter.}$$

2) Für n = 20 ist:

$$D_1 = 0{,}00639 \cdot 2 \cdot 4{,}472 + \sqrt{8{,}944\,(0{,}002227 + 0{,}000041 \cdot 8{,}944)}$$
$$= 0{,}057 + 0{,}152 = 0{,}209 \text{ Meter.}$$

) Für n = 25 ist:

$$D_1 = 0{,}00639 \cdot 2 \cdot 5 + \sqrt{10\,(0{,}002227 + 0{,}000041 \cdot 10)}$$
$$= 0{,}0369 + 0{,}162 = 0{,}226 \text{ Meter.}$$

4) Für n = 36 ist:

$$D_1 = 0{,}00636 \cdot 12 + \sqrt{12\,(0{,}002227 + 0{,}000041 \cdot 12)}$$
$$= 0{,}07668 + 0{,}18 = 0{,}256 \text{ Meter.}$$

5) Für n = 50 ist:

$$D_1 = 0{,}00639 \cdot 14{,}14\ \sqrt{14{,}14\,(0{,}002227 + 0{,}000041 \cdot 14{,}14)}$$
$$= 0{,}09 + 0{,}198 = 0{,}288 \text{ Meter.}$$

Man sieht aus diesen Beispielen, daß mit Vermehrung der Kolbenspiele pr. Minute die Weite der Saugröhren ebenfalls vergrößert werden muß. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Anzahl der Kolbenspiele pr. Minute, abgesehen von der zum Betriebe einer Pumpe verwendeten Betriebskraft, schon durch die Wassermenge V pr. Minute und durch die Weite der Saugröhren begrenzt ist. Je größer die Kolbenspielzahl n, desto kleiner wird nämlich die Hubwassermenge Q, die für einfachwirkende Pumpen = $\frac{V}{n}$ und für doppeltwirkende Pumpen = $\frac{V}{2\,n}$ ist. Je kleiner aber Q, desto kleiner fällt auch das Produkt aus Kolbequerschnitt und Hubhöhe, nämlich F·H aus. Der Kolbenquerschnitt F darf jedoch unter keinen Umständen kleiner sein als der Querschnitt der Saugröhre im Lichten, weil der letztere schon der durch die Saughöhe $h_1$ bedingten größten Geschwindigkeit des Wassers entspricht. Bei dem Uebertritt des Wassers aus dem Saugrohr in einen Pumpencylinder, dessen Kolben einen kleinern Querschnitt als jenes hätte, müßte das Wasser plötzlich eine größere Geschwindigkeit, als die ihm schon innewohnende einnehmen, um dem Kolben folgen zu können, und da dieß nicht mehr möglich wäre, müßte eine Trennung des Kolbens von dem aufsteigenden Wasser nothwendig erfolgen. Der Pumpenkolben muß daher mindestens eine Weite gleich derjenigen haben, die sich aus den Formeln für das Saugrohr ergiebt; für Pumpen mit Ventilkolben muß der Kolbendurchmesser sogar größer als der des Saugrohres sein,

damit das Kolbenventil eine der Lichtweite des Saugrohres gleiche Oeffnung erhalten kann. Aber auch den Druckpumpen giebt man weitere Kolben als die Saugröhren, und zwar macht man im Allgemeinen den Durchmesser des Kolbens 1,4 mal so groß als den der Saugröhre, so daß also allgemein

$$D = 1{,}4\,D_1 \text{ und } D_1 = \frac{D}{1{,}4}.$$

## B. Die Förderung der angesaugten Wassersäule in dem Druck- oder Steigrohre.

Bei regelrechtem Gange einer Pumpe wird, wenn $F_2$ den Querschnitt der Druckröhre bezeichnet, die Geschwindigkeit des Wassers in dieser Röhre gleich $v_2 = \frac{F}{F_2} \cdot c \cdot \sin \cdot \alpha$ sein, worin $\alpha$ den Winkel der Kurbelstellung bezeichnet und c die Geschwindigkeit des Kurbelzapfens, für welche die Geschwindigkeit $v_2$ zu bestimmen ist. Auf der ersten Hälfte des Hubes, bei einer Viertelsdrehung der Kurbel (wenn der Kolben seine Bewegung durch Kurbelmechanismus erhält) von 0° bis 90° wirkt der Kolben beschleunigend auf die im Druckrohre gehobene Wassersäule; auf der zweiten Hälfte des Hubes dagegen, bei einer Drehung der Kurbel von 90° bis 180°, wirkt er verzögernd. Abgesehen von der Kolbenbewegung wirken aber auf die im Druckrohre aufsteigende Wassersäule nur die zu überwindende Druckhöhe, die Reibungswiderstände und der äußere Luftdruck verzögernd. Sind diese Widerstände nicht im Stande, die Bewegung des Wassers in dem Maaße zu hemmen, wie es die verzögerte Kolbenbewegung bedingt, dann findet eine Trennung der gehobenen Wassersäule statt, ein Theil derselben eilt in dem Druckrohre voraus und macht in Folge des dadurch entstehenden luftverdünnten Raumes, bald nachdem der Kolben den todten Punkt erreicht hat, eine Rückbewegung, durch welche bei dem

Zusammentreffen der getrennt gewesenen Wassersäule ein Stoß, sogenannter Wasserschlag entsteht.

Diese Trennung der Wassersäule braucht nicht nothwendig in dem Pumpencylinder selbst stattzufinden, sondern kann an irgend einer Stelle der Druckrohrleitung eintreten.

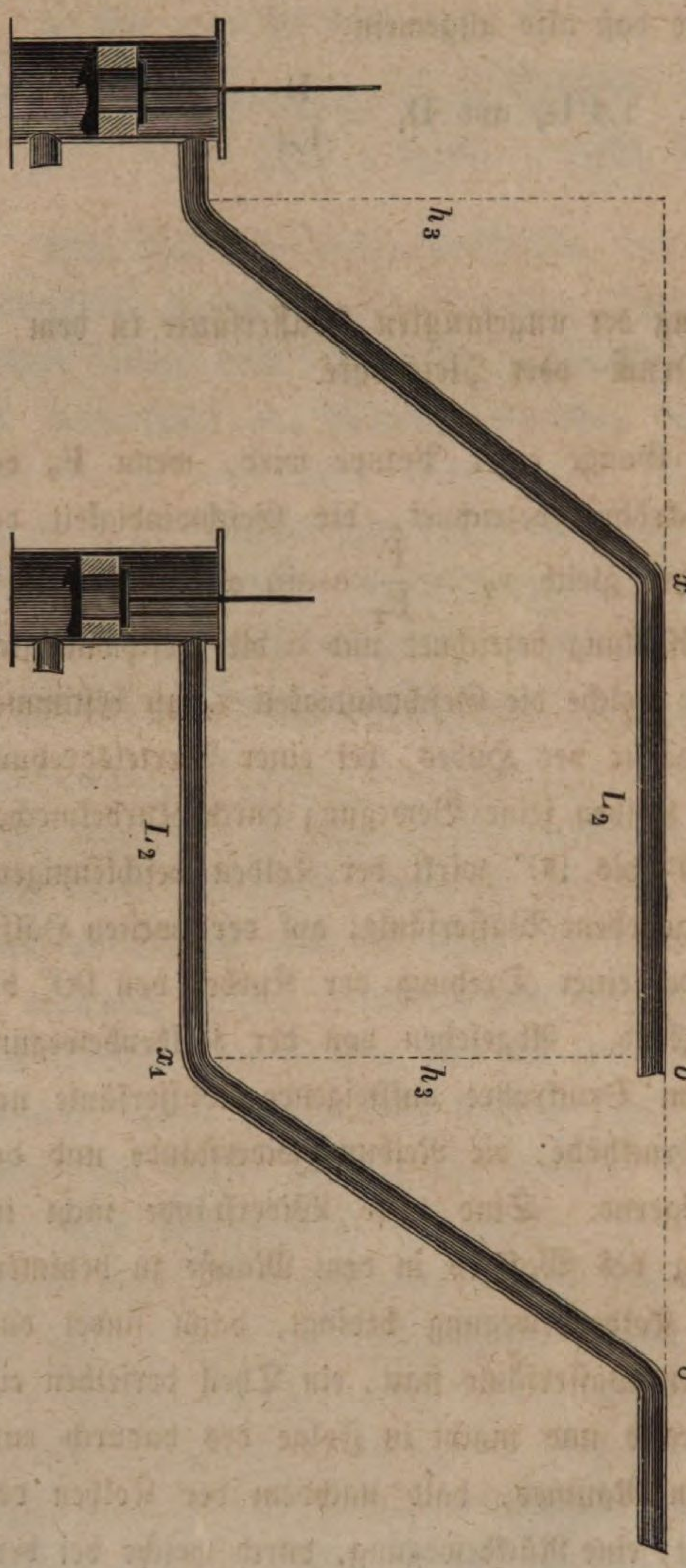



Fig. 2a.

Fig. 2b.

Um z. B. von dem Standorte der Pumpe in Fig. 2a und b nach dem Punkte b zu gelangen, pflegt man, da dieß die örtlichen Verhältnisse selten gestatten, diesen Punkt b nicht in gerader Linie mit der Pumpe zu verbinden, sondern etwa die Röhrenlage wie Fig. 2a oder wie Fig. 2b zu wählen. In beiden Fällen wird eine Trennung der Wassersäule in dem Pumpencylinder nicht erfolgen können, so lange

$$\frac{F}{F_2} \cdot \frac{c^2}{R} \leqq g \cdot \frac{h + h_3}{L_1}$$

ist, worin $L_1$ die Länge des Verbindungsrohres bezeichnet, sowie R den Kurbelhalbmesser oder die halbe Hub-

höhe H. Vorausgesetzt, die Dimensionen entsprächen dieser Bestimmung, so bleibt noch zu untersuchen, ob nicht bei x oder $x_1$ eine Trennung der Wassersäule möglich ist.

Für den Punkt x hat man: $\frac{F}{F_2} \cdot \frac{c^2}{R} \leqq g \frac{h}{L_2}$ und für $x_1$ ist $\frac{F}{F_2} \cdot \frac{c^2}{R} \leqq g \frac{h + h_3}{L_1 + L_2}$. Ist $\frac{h}{L_2} = \frac{h + h_3}{L_1 + L_2}$, so sind beide Lagen gleich vortheilhaft. Ist jedoch einer der Werthe größer als der andere, so besitzt die dem größern Werthe entsprechende Lage eine geringere Wahrscheinlichkeit für das Abreißen der Wassersäule. Diese Wahrscheinlichkeit nimmt mit der Zunahme des Querschnittes $F_2$ ab; in der Regel ist der Querschnitt der Druckröhre gleich dem der Saugröhre, nämlich $F_2 = F_1$.

Die Lage der Druckröhre wie Fig. 2 b ist mit Rücksicht auf die Vermeidung des Wasserschlages vortheilhafter, ja durch diese Lage ist der Wasserschlag häufig schon beseitigt.

## C. Die Anwendung von Saug- und Druckwindkesseln.

Denkt man sich möglichst nahe der Pumpe auf das Saugrohr einen Windkessel gesetzt, so wird bei gefüllten Saugröhren und im Zustande der Ruhe die Spannung der Luft in demselben dem Drucke einer Wassersäule von der Höhe $h - h_1$ gleich sein ($h_1$ die Saughöhe bis zum Windkessel. Nimmt man an, daß der Windkessel noch theilweise mit Luft gefüllt sei, so wird, da die jetzt in Betracht kommende Saugrohrlänge zwischen dem Windkessel und der Pumpe sehr klein ist, der Pumpenkolben sich verhältnißmäßig sehr schnell aufwärts bewegen können und das Wasser aus dem Windkessel in die Pumpe eintreten. Hiedurch erfolgt Luftverdünnung im Windkessel und das Wasser im Saugrohre vor dem Windkessel setzt sich, in dem Maaße als die Luftverdünnung erfolgt, allmählig in Bewegung. Es ist ersichtlich, daß je größer der Windkessel ist,

zwar die Spannung der Luft in demselben um so langsamer abnehmen, das Wasser in den Saugröhren aber auch in um so stetigerer Bewegung bleiben wird.

Nimmt man an, daß, wenn der Kolben auf der Hälfte seines Hubes wäre und alles Wasser aus dem Windkessel entnommen hätte, der Druck in demselben im Stande sein müßte, dem Wasser die Endgeschwindigkeit $\frac{F}{F_1}$ c mitzutheilen (c die mittlere Geschwindigkeit des Kurbelzapfens). Hat aber die Spannung im Windkessel bei der Wasserentnahme gleich dem halben Pumpeninhalte um 50 Procent abgenommen, so muß der ganze Inhalt des Windkessels gleich dem Inhalte der Pumpe sein. Sind die Saugröhren verhältnißmäßig weit, so wird schon ein kleiner Windkessel ausreichen, ebenso bei doppeltwirkenden Pumpen. Jedenfalls macht man seinen Fassungsraum wenigstens gleich dem Pumpeninhalt.

Um auch in den Druckröhren eine möglichst gleichmäßige Bewegung des Wassers zu erzielen, werden ebenfalls wie bei den Saugröhren Windkessel möglichst nahe den Pumpen in die Druckrohrleitung eingeschaltet, und zwar erreicht man diesen Zweck um so vollkommener, je größer man den Druckwindkessel macht. In der Regel erhält derselbe den doppelten Inhalt des Saugwindkessels. Wenn Saug- und Druckwindkessel vorhanden sind, so kommen bei jeder Pumpe alle Ventile zur Thätigkeit.

## D. Die Betriebskraft, Leistung und allgemeine Anordnung der Pumpen.

Die Pumpen mit Ventilkolben wirken nur bei dem Aufgange des Kolbens, wobei die zur Hebung des Kolbens nöthige Kraft ist:

$$K = F_1 \cdot H \gamma,$$

wenn die Größe des Kolbenquerschnittes $= F_1$ und die senkrechte Höhe des Ausgußpunktes über dem Unterwasserspiegel $= H$ ist;

$\gamma$ bezeichnet das Gewicht der Raumeinheit Wasser. Bei den Pumpen mit massivem Kolben ist dagegen die theoretische Kraft beim Aufgange:

$$K_1 = F_1 \cdot H_1 \cdot \gamma \text{ und die zum Niedergange: }$$
$$K_2 = F_1 \cdot H_2 \cdot \gamma,$$

wenn $H_1$ die Höhe des mittleren Kolbenstandes über dem Unterwasserspiegel und $H_2 = H - H_1$ die Höhe des Ausgußpunktes über dem mittleren Kolbenstande bezeichnet. Das theoretische Hubwasserquantum ist in beiden Fällen:

$$\text{pr. Kolbenspiel: } Q = F_1 \cdot h = \frac{\pi\, d^2}{4} \cdot h = 0{,}785\, d^2\, h,$$

worin h den Kolbenhub und d den Kolbendurchmesser bezeichnet; das theoretische Arbeitsquantum pr. Kolbenspiel:

$$A = F_1 \cdot h \cdot H \cdot \gamma = Q \cdot H \cdot \gamma.$$

Ist n die Anzahl Kolbenspiele pr. Minute, so ist die mittlere Kolbengeschwindigkeit

$$v = \frac{n}{60} \cdot 2\, h = \frac{n \cdot h}{30},$$

die theoretische Hubwassermenge pr. Sekunde:

$$Q_1 = \frac{n}{60}\, Q = \frac{n \cdot h}{60}\, F_1 = 0{,}01309 \cdot d^2 n \cdot h \cdot = {}^1\!/_2\, F \cdot v = \frac{\pi\, d^2}{8} \cdot v$$

und die theoretische Arbeitsleistung der einfachwirkenden Pumpe:

$$A_1 = \frac{n}{60}\, A = \frac{n}{60} \cdot Q \cdot H \cdot \gamma = \frac{n}{60}\, h \cdot F_1 = {}^1\!/_2 F_1 \cdot v \cdot H \cdot \gamma = Q_1 \cdot H \cdot \gamma$$

Die wirklich von den Pumpen geförderte Hubwassermenge Q und $Q_1$ ist um 5 bis 15 Procent kleiner als die theoretische; es ist daher die effektive Hubwassermenge pr. Kolbenspiel:

$$V = \alpha \cdot Q, \text{ und diejenige pr. Sekunde: }$$

$V_1 = \alpha \cdot Q_1$, wobei $\alpha$ den Ausgußcoefficienten $= 0{,}85$—$0{,}95$ bezeichnet.

Daraus folgt:

$$V_1 = \alpha \cdot Q_1 = \alpha \frac{n \cdot h}{60} F_1 \cdot = 0{,}85 \frac{n \cdot h}{60} F_1 = 0{,}85 \frac{F_1 \cdot v}{2} = 0{,}425 F_1 \cdot v$$

Bei doppeltwirkenden Pumpen ist das Hubwasser und die Leistung doppelt so groß als bei den einfachwirkenden, weßhalb hier

$$V_1 = 0{,}85 F_1 v.$$

Der Kolbenhub ist bei den gewöhnlichen Handpumpen ½—1 Fuß (0,15—0,30 Meter); bei Pumpen, welche durch Wasserräder getrieben werden, 3—4 Fuß (0,90—1,20 Meter) und bei Dampfpumpen 5—10 Fuß (1,5—3,0 Meter). Die Kolbengeschwindigkeit beträgt bei den gewöhnlichen Pumpen ½—1 Fuß (0,15—0,30 Meter) und steigert sich nur bei Dampfpumpen auf 2—3 Fuß (0,60—0,90 Meter). Aus h und v folgt die Anzahl Kolbenspiele pr. Minute:

$$n = \frac{30 \cdot v}{h}.$$

Folgende Tabelle enthält die Werthe von $F_1$ und d für verschiedene Werthe von $V_1$ und für die Kolbengeschwindigkeit von 1, 2 und 3 Fuß nach den Formeln für doppeltwirkende Pumpen:

$$F_1 = 1{,}176 \frac{V_1}{v} \square \text{ Fuß.}$$

$$d = 1{,}224 \sqrt{\frac{V_1}{v}} \text{ Fuß.}$$

Für andere Geschwindigkeiten sind die in der Tabelle für v = 1 Fuß enthaltenen Werthe von $F_1$ mit v und die von d mit $\sqrt{v}$ zu dividiren. $V_1$ bezeichnet die effektive Hubwassermenge pr. Sekunde gleich 0,8 mal der theoretischen.

## Tabelle III a.

| $V_1$ in Cubikfuß = | | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 5,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fuß. | | | | | | | | | | | | |
| Für v = 1 | $F_1$ = □Fuß | 0,294 | 0,588 | 0,882 | 1,176 | 1,764 | 2,352 | 2,940 | 3,528 | 4,116 | 4,704 | 5,880 |
| » v = 2 | $F_1$ = □Fuß | 0,147 | 0,294 | 0,441 | 0,588 | 0,882 | 1,176 | 1,470 | 1,764 | 2,058 | 2,352 | 2,940 |
| » v = 3 | $F_1$ = □Fuß | 0,098 | 0,196 | 0,294 | 0,392 | 0,588 | 0,784 | 0,980 | 1,176 | 1,372 | 1,568 | 1,960 |
| » v = 4 | d = Fuß | 0,612 | 0,865 | 1,06 | 1,224 | 1,498 | 1,730 | 1,985 | 2,120 | 2,290 | 2,448 | 2,736 |
| » v = 5 | d = Fuß | 0,433 | 0,612 | 0,750 | 0,865 | 1,060 | 1,223 | 1,368 | 1,500 | 1,620 | 1,731 | 1,931 |
| » v = 6 | d = Fuß | 0,353 | 0,500 | 0,612 | 0,706 | 0,865 | 1,000 | 1,117 | 1,224 | 1,322 | 1,413 | 1,580 |

Die Saugröhren macht man in der Regel so weit als die Druckröhren und nimmt man als größte Geschwindigkeit, welche das Wasser in denselben erlangen darf, 4 Fuß (1,2 Meter) an, so ist die unterste Grenze der Weite dieser Röhren:

für einfachwirkende Pumpen $d = 0{,}8 \sqrt{V_1}$ Fuß $= 1{,}45 \sqrt{V_1}$ Meter,

für doppeltwirkende Pumpen $d = 0{,}57 \sqrt{V_1}$ Fuß $= 1{,}026 \sqrt{V_1}$ Met.,

worin $V_1$ die effektive Wassermenge pr. Sekunde = 0,80 mal der theoretischen Wassermenge V bezeichnet. Nimmt man an, daß der Inhalt des Saugwindkessels gleich sei der von der Pumpe pr. Minute gelieferten Wassermenge und derjenige des Druckwindkessels doppelt so groß, so wie ferner, daß die Höhe der comprimirten Luftsäule im Druckwindkessel gleich der Weite desselben sei, so erhält man für die cylindrische Form des Windkessels folgende Formel zur Berechnung der Dimensionen desselben, wenn J den Inhalt, H die Höhe und D den Durchmesser, sowie n den Wasserdruck auf die Luft in Atmosphären bezeichnet:

$$J = \frac{D^2 \pi}{4} H = \frac{H^2}{n^2} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot H = \frac{\pi}{4} \frac{H^3}{n^2} = 0{,}785 \frac{H^3}{n^2}$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{n^2 \cdot J}{0{,}785}} = 1{,}09 \sqrt[3]{n^2 J}$$

Für Anwendung des Metermaaßes gestalten sich obige Formeln zur Berechnung des Kolbenquerschnitts und Durchmessers zu folgenden:

$$\left.\begin{aligned} F_1 &= 1{,}176\,\frac{V_1}{v}\ \square\ \text{Meter} \\ d &= 1{,}224\sqrt{\frac{V_1}{v}}\ \text{Meter} \end{aligned}\right\}\ \text{für doppeltwirkende Pumpen.}$$

Für verschiedene Werthe von $V_1$ in Kubikmetern und für die Kolbengeschwindigkeiten v von 0,30, 0,60 nnd 1,0 Meter enthält folgende Tabelle die Werthe für $F_1$ und d.

## Tabelle III b.

| $V_1$ in Cubikmeter = | | 0,005 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,075 | 0,1 | 0,150 | 0,200 | 0,300 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Meter. | | | | | | | | | | | | |
| Für $v = 0{,}30$ | $F_1 = \square$ Met. | 0,0196 | 0,0392 | 0,0784 | 0,1176 | 0,1568 | 0,1960 | 0,2938 | 0,3920 | 0,5880 | 0,7840 | 1,1760 |
| » $v = 0{,}60$ | $F_1 = \square$ Met. | 0,0098 | 0,0196 | 0,0392 | 0,0588 | 0,0784 | 0,0980 | 0,1469 | 0,1960 | 0,2940 | 0,3920 | 0,5880 |
| » $v = 1{,}0$ | $F_1 = \square$ Met. | 0,0058 | 0,0116 | 0,0232 | 0,0348 | 0,0464 | 0,0580 | 0,0870 | 0,1160 | 0,1740 | 0,2320 | 0,3480 |
| » $v = 0{,}30$ | d = Meter | 0,1580 | 0,2234 | 0,3160 | 0,3869 | 0,4468 | 0,4996 | 0,6119 | 0,7065 | 0,8653 | 0,9992 | 1,2238 |
| » $v = 0{,}60$ | d = Meter | 0,1117 | 0,1580 | 0,2234 | 0,2735 | 0,3160 | 0,3532 | 0,4326 | 0,4995 | 0,6117 | 0,7064 | 0,8652 |
| » $v = 1{,}0$ | d = Meter | 0,0865 | 0,1223 | 0,1730 | 0,2118 | 0,2446 | 0,2735 | 0,3322 | 0,3868 | 0,4737 | 0,5470 | 0,6700 |

Für andere Geschwindigkeiten als die hier angeführten sind die in der Tabelle enthaltenen Werthe von $F_1$ für die Geschwindigkeit $v = 1$ mit v und die Werthe von d mit $\sqrt{v}$ zu dividiren. $V_1$ bezeichnet die effektive Hubwassermenge pr. Sekunde gleich 0,8 mal der theoretischen. Für einfachwirkende Pumpen ist $F_1 = 2$ mal und $d = 1{,}4142$ mal so groß zu nehmen. Folgende Tabelle enthält die Durchmesser d der Saug- und Druckröhren für eine größte zulässige Geschwindigkeit in denselben von 1,35 Meter und für verschiedene Werthe von $V_1$ in Cubikmeter; sowie den Inhalt J der zugehörigen Windkessel.

## Tabelle IV a.

| $V_1$ = Cubikmeter | 0,005 | 10,1 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,075 | 0,1 | 0,15 | 0,20 | 0,30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| für einfach wirkende Pumpen d = Met. | 0,0968 | 0,1370 | 0,1937 | 0,2373 | 0,2740 | 0,3063 | 0,3755 | 0,433 | 0,5306 | 0,6122 | 0,7503 |
| » doppelt wirkende Pumpen d = Met. | 0,0686 | 0,097 | 0,1371 | 0,1680 | 0,194 | 0,2169 | 0,2654 | 0,3065 | 0,3756 | 0,4336 | 0,5312 |
| Saugwindkessel J = Cubikmet. | 0,30 | 0,60 | 1,2 | 1,8 | 2,4 | 3,0 | 4,5 | 6,0 | 9,0 | 12,0 | 18,00 |
| Druckwindkessel J = Cubikmet. | 0,60 | 1,2 | 2,4 | 3,6 | 4,8 | 6,0 | 9,0 | 12,0 | 18,0 | 24,0 | 36,0 |

## Tabelle IV b.

| $V_1$ in Cubikfuß = | 0,25 | 0,50 | 0,75 | 1,0 | 1,50 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 5,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| für einfach wirkende Pumpen d = Fuß | 0,400 | 0,565 | 0,693 | 0,800 | 0,979 | 1,131 | 1,265 | 1,385 | 1,496 | 1,600 | 1,790 |
| » doppelt wirkende Pumpen d = Fuß | 0,285 | 0,403 | 0,493 | 0,570 | 0,697 | 0,806 | 0,901 | 0,987 | 1,066 | 1,140 | 1,274 |
| Saugwindkessel J = Cubikfuß | 15 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 214 | 240 | 300 |
| Druckwindkessel J = Cubikfuß | 30 | 60 | 90 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 428 | 480 | 600 |

Vorstehende Tabelle enthält die Durchmesser d der Saug- und Druckröhren für eine größte zulässige Geschwindigkeit des Wassers in denselben von $4\frac{1}{2}$ Fuß; sowie den Inhalt J der zugehörigen Windkessel.

Folgende Tabelle enthält die Höhen H und die Durchmesser D der Druckwindkessel für verschiedene Leistungen der Pumpen und verschiedenen Wasserdruck.

# Tabelle V.

| Wasserdruck in Atmosphären. | J = 30 C.' | | J = 60 C.' | | J = 90 C.' | | J = 120 C.' | | J = 180 C.' | | J = 240 C.' | | J = 300 C.' | | J = 360 C.' | | J = 420 C.' | | J = 480 C.' | | J = 600 C.' | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | H | D | H | D | H | D | H | D | H | D | H | D | H | D | H | D | H | D | H | D | H | D |
| 1,5 | 4,0 | 2,66 | 5,0 | 3,3 | 5,7 | 3,8 | 6,3 | 4,2 | 7,2 | 4,8 | 8,0 | 5,33 | 8,5 | 5,66 | 8,0 | 6,0 | 9,5 | 6,33 | 10,0 | 6,60 | 10,7 | 7,1 |
| 2,0 | 5,0 | 2,50 | 6,0 | 3,0 | 7,2 | 3,6 | 8,0 | 4,0 | 9,0 | 4,5 | 10,0 | 5,00 | 10,2 | 5,10 | 10,8 | 5,4 | 11,5 | 5,75 | 12,0 | 6,00 | 13,6 | 6,8 |
| 2,5 | 5,7 | 2,28 | 7,0 | 2,8 | 8,2 | 3,28 | 9,0 | 3,6 | 10,0 | 4,0 | 11,4 | 4,56 | 12,0 | 4,80 | 12,6 | 5,0 | 13,4 | 5,36 | 14,0 | 5,60 | 15,3 | 6,1 |
| 3,0 | 6,5 | 2,16 | 8,0 | 2,66 | 9,3 | 3,10 | 10,0 | 3,33 | 11,2 | 3,74 | 13,0 | 4,33 | 13,6 | 4,58 | 14,4 | 4,8 | 15,2 | 5,06 | 16,0 | 5,33 | 17,0 | 5,66 |
| 3,5 | 7,1 | 2,03 | 9,0 | 2,57 | 10,2 | 2,91 | 11,2 | 3,20 | 12,5 | 3,70 | 14,2 | 4,00 | 15,3 | 4,37 | 16,2 | 4,63 | 17,0 | 5,00 | 18,0 | 5,20 | 29,0 | 5,40 |
| 4,0 | 7,8 | 1,95 | 10,0 | 2,50 | 11,2 | 2,80 | 12,5 | 3,10 | 14,0 | 3,5 | 15,6 | 3,90 | 17,00 | 4,25 | 18,0 | 4,50 | 19,0 | 4,76 | 20,0 | 5,00 | 21,0 | 5,25 |
| 5,0 | 9,0 | 1,80 | 11,4 | 2,28 | 13,0 | 2,60 | 14,0 | 2,80 | 16,0 | 3,2 | 18,0 | 3,40 | 19,40 | 3,90 | 20,0 | 4,00 | 21,0 | 4,20 | 22,8 | 4,56 | 24,0 | 4,80 |
| 6,0 | 10,0 | 1,66 | 12,6 | 2,10 | 14,4 | 2,40 | 15,6 | 2,60 | 18,0 | 3,0 | 20,0 | 3,30 | 21,4 | 3,56 | 22,4 | 3,73 | 23,3 | 3,90 | 25,0 | 4,17 | 26,8 | 4,74 |
| 7,0 | 11,0 | 1,60 | 13,8 | 1,97 | 15,8 | 2,26 | 17,3 | 2,47 | 20,0 | 2,86 | 22,0 | 3,14 | 23,5 | 3,36 | 24,6 | 3,52 | 25,6 | 3,65 | 27,6 | 3,94 | 29,6 | 4,23 |
| 8,0 | 12,0 | 1,50 | 15,0 | 1,90 | 17,3 | 2,16 | 19,0 | 2,38 | 22,0 | 2,75 | 24,0 | 3,00 | 25,5 | 3,20 | 27,0 | 3,37 | 28,0 | 3,50 | 30,0 | 3,75 | 32,0 | 4,00 |
| 9,0 | 13,0 | 1,50 | 16,4 | 1,82 | 18,7 | 2,08 | 20,5 | 2,28 | 23,5 | 2,60 | 26,0 | 2,90 | 27,0 | 3,00 | 29,0 | 3,20 | 30,5 | 3,40 | 33,0 | 3,66 | 34,5 | 3,80 |
| 10,0 | 14,0 | 1,40 | 17,6 | 1,76 | 20,0 | 2,00 | 22,0 | 2,20 | 25,0 | 2,50 | 28,0 | 2,80 | 29,0 | 2,90 | 31,5 | 3,15 | 33,5 | 3,35 | 35,0 | 3,50 | 37,5 | 3,75 |

Werden für die Förderung einer gewissen Wassermenge mehrere Pumpen angewendet, so können diese Pumpen entweder ein gemeinschaftliches Saug- und Druckrohr haben, oder jede einzelne Pumpe bildet ganz oder theilweise ein Pumpwerk für sich. Bei einem Pumpensysteme von mehreren Pumpen kann man, wenn jede Pumpe schon einen Druckwindkessel für sich hat, noch einen gemeinschaftlichen Druckwindkessel aufstellen, in welchen die Einzelwindkessel ihr Wasser liefern. Durch diese Anordnung werden die Wasserschläge noch mehr ausgeglichen.

Das Material, aus welchem die Pumpencylinder gefertigt werden, ist Messing und für größere Pumpen besonders Gußeisen, auch Gußeisen in Verbindung mit Messing, indem in diesem Falle der gußeiserne Cylinder noch ein messingnes Futter erhält, wodurch eine größere Genauigkeit der Kolbenführung erzielt wird, ohne die Herstellungskosten der Pumpen bedeutend zu erhöhen.

Die Befestigung eines Pumpensystems muß sehr solid und bei großen Pumpen mittels Verankerung in Quadernfundamente ausgeführt sein, wenn nicht das fortwährende stoßweise Arbeiten der Pumpen sehr bald eine Lockerung aller Verbindungen herbeiführen und dann eine rasche Abnützung der Pumpen verursachen soll.

Die Pumpen können senkrecht oder schräg stehend oder horizontal liegend aufgestellt werden; senkrecht stehende Pumpen haben den Vortheil, daß die Reibung des Kolbens auf dem ganzen Umfange und also auch die Abnützung des Pumpencylinders auf dem ganzen Umfange gleich groß ist, während bei liegenden Pumpen diese Abnützung an dem untersten Theile des Umfanges am größten ist. Liegende Pumpen gestatten dagegen eine zweckmäßigere Anordnung der Ventile, nämlich in der Art, daß sich in den Ventilgehäusen nie Luft ansammeln und also auch die dadurch veranlaßten Schläge vermieden werden können.

Zur Berechnung der für die Arbeit des Pumpens erforderlichen Betriebskraft dient folgende Formel, in welcher Ln die erforder-

liche Leistung, $V_1$ die wirkliche Hubwassermenge pr. Sekunde in Cubikfuß, $H$ die Förderhöhe in Fuß und $\alpha$ den Coefficienten des Wirkungsgrades der Pumpen bezeichnet. Für sorgfältig ausgeführte Pumpen ist $\alpha = 1{,}25$, für gut ausgeführte 1,33 und für gewöhnliche $\alpha = 1{,}5$ zu setzen. Die theoretische Leistung der Betriebskraft ist daher:

$$L = \frac{L\,n}{\alpha} \text{ und } L\,n = \alpha L = \alpha V_1 \cdot H \cdot \gamma \text{ Fuß-Pfund}$$

$$\text{oder auch } L\,n = \alpha V_1 \cdot H \cdot \gamma \text{ Kilogramm-Meter.}$$

$V_1$ ist aber $=$ 0,80 mal der theoretischen Hubwassermenge $=$ 0,80 V, also

$$L\,n = \alpha \cdot 0{,}8 \cdot V \cdot H \cdot \gamma \text{ und für } \alpha = 1{,}5 \text{ ist } L\,n = 1{,}5 \cdot 0{,}8\, V \cdot H \cdot \gamma$$
$$= 1{,}2\, V \cdot H \cdot \gamma \cdot \text{ Fuß-Pfund oder auch Meter-Kilogramm}$$
$$= 1{,}4\, V_1 \cdot H \cdot \gamma \cdot \text{ Fuß-Pfund oder auch Meter-Kilogramm.}$$

Folgende Tabelle enthält die Werthe von $1{,}4\,\gamma$ für verschiedene Landesmaaße, in welchen $\gamma$ das Gewicht der Raumeinheit Wassers bezeichnet. Will man $L\,n$ in Pferdestärken ausgedrückt haben, so ist der oben gefundene Ausdruck noch mit der einer Pferdestärke entsprechenden Anzahl Fuß-Pfunde oder Meter-Kilogramme zu dividiren; bezeichnet man diese Zahl der Fuß-Pfunde einer Pferdestärke mit n, so ist $L\,n = \frac{1{,}4 \cdot \gamma}{n} \cdot V_1 \cdot H$ Pferdestärken.

Dieser Quotient $\frac{1{,}4\,\gamma}{n}$ ist ebenfalls in folgender Tabelle für verschiedene Landesmaaße enthalten.

Tabelle VI.

| | Baden. | Bayern. | Hessen-Darmstadt. | Preußen. | Sachsen. | Würtemberg. | Oesterreich. | England. | Frankreich. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 Pferdestärke ist gleich | Fß.℔ 500 | Fß.℔ 460 | Fß.℔ 600 | Fß.℔ 480 | Fß.℔ 530 | Fß.℔ 525 | Fß.℔ 430 | Fß.℔ 550 | Met. Klg. 75 |
| $1{,}4 \cdot \gamma =$ | 75,6 | 62,0 | 43,7 | 86,4 | 63,6 | 65,8 | 80,0 | 87,2 | 1400 |
| $\frac{1{,}4 \cdot \gamma}{n}$ | 0,1510 | 0,1348 | 0,0728 | 0,180 | 0,120 | 0,125 | 0,186 | 0,158 | 18,666 |

Will man die Betriebskraft L n in Fuß-Pfund erhalten, so ist $V_1 \cdot H$ mit den Werthen der obern Reihe der Tabelle, und will man sie durch Pferdekräfte ausdrücken, mit den Werthen der unteren Tabelle zu multipliciren. Folgende Tabelle enthält die Werthe von L n in Pferdestärken für verschiedene Landesmaaße und verschiedene Werthe von $V_1$ bei der Druckhöhe H von 100 Fuß = 30 Meter.

Tabelle VII.

| $V_1$ = Cubikmeter. | $V_1$ = Cubikfuß. | Baden. | Bayern. | Hessen-Darmstadt. | Preußen. | Sachsen. | Würtemberg. | Oesterreich. | England. | Frankreich. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,006 | 0,25 | 3,80 | 3,37 | 1,82 | 4,5 | 3,00 | 3,12 | 4,65 | 3,95 | 3,35 |
| 0,012 | 0,50 | 7,55 | 6,74 | 3,64 | 9,0 | 6,0 | 6,25 | 9,3 | 7,9 | 6,7 |
| 0,020 | 0,75 | 11,4 | 20,1 | 5,46 | 13,5 | 9,0 | 9,36 | 13,95 | 11,85 | 11,20 |
| 0,030 | 1,00 | 15,1 | 13,5 | 7,3 | 18,0 | 12,0 | 12,5 | 18,6 | 15,8 | 16,8 |
| 0,040 | 1,50 | 22,65 | 20,24 | 10,94 | 27,0 | 18,0 | 18,75 | 27,9 | 23,7 | 22,4 |
| 0,050 | 2,0 | 30,20 | 27,0 | 14,6 | 36,00 | 24,0 | 25,0 | 37,2 | 31,6 | 28,0 |
| 0,060 | 2,5 | 37,75 | 33,74 | 18,24 | 45,0 | 30,0 | 31,25 | 46,5 | 39,5 | 33,0 |
| 0,075 | 3,0 | 45,3 | 40,5 | 21,9 | 54,0 | 36,0 | 37,5 | 55,8 | 47,4 | 42,0 |
| 0,088 | 3,5 | 82,85 | 47,24 | 25,54 | 63,0 | 42,0 | 43,75 | 65,10 | 55,3 | 49,2 |
| 0,1 | 4,0 | 60,4 | 54,0 | 29,2 | 72,0 | 48,0 | 50,0 | 74,4 | 63,2 | 56,0 |
| 0,125 | 5,0 | 75,5 | 67,5 | 36,5 | 90,0 | 60 ,0 | 62,5 | 93,0 | 79,0 | 70,0 |

Um die Bewegung der Kraftmaschinen, seien es Dampfmaschinen oder Wasserräder, auf die Arbeitsmaschinen, die Pumpen, zu übertragen, sollen keine oder nur möglichst wenige Uebersetzungen angewendet werden, d. h. die Umdrehungszahl pr. Minute der Kraftwelle soll gleich oder nicht viel verschieden von der Umdrehungszahl der Arbeitswelle, hier der Anzahl der Kolbenspiele, sein.

Die Umdrehungszahl der Wasserräder ist von dem Durchmesser des Rades und von dem Gefälle abhängig, nähert sich jedoch im Allgemeinen derjenigen der Kolbenspiele der Pumpen, so daß eine bedeutende Uebersetzung dabei nicht nöthig ist und das Wasserrad durch seine Masse und Umfangsgeschwindigkeit eine ähnliche

Wirkung hervorbringt auf den gleichmäßigen Gang des ganzen Mechanismus, wie ein Schwungrad. Turbinen dagegen besitzen in der Regel eine viel größere Umdrehungszahl und können wegen ihrer geringen Masse auf die ungleichen Widerstände der Pumpen nicht ausgleichend wirken, weßhalb dabei nicht nur eine bedeutende Uebersetzung, sondern auch ein Schwungrad nöthig wird.

Die Umdrehungszahl der Kurbenwelle einer Dampfmaschine ist von der Schublänge und der Geschwindigkeit des Dampfkolbens abhängig und steht die Schublänge in einem bestimmten Verhältniß zum Kolbendurchmesser.

Im Mittel ist der Kolbenhub $s = 2\,d$, wenn d der Kolbendurchmesser. Die Anzahl der Dampfkolbenspiele pr. Minute ist: $n = \frac{30\,v}{s}$, worin v die Geschwindigkeit des Dampfkolbens bezeichnet.

Für das günstigste Verhältniß, wenn nämlich die Dampfmaschine auf die Pumpen direkt, ohne Umsetzung wirkt, ist die Anzahl der Dampfkolbenspiele gleich derjenigen der Pumpenkolbenspiele pr. Minute, also $s = \frac{30 \cdot v}{n}$ und für $s = 2\,d$ erhält man:

$$d = \frac{30 \cdot v}{2 \cdot n} = 15\,\frac{v}{n}.$$

Das bisher im Bergbau für die Wasserhaltungsmaschinen beinahe allein vertretene Dampfmaschinensystem ist das einfachwirkende, da man allgemein das Pumpengestänge nur auf Zug in Anspruch nehmen wollte. Wo man für einfachwirkende Pumpen doppeltwirkende Dampfmaschinen angewendet hat, hat man die Wirkung des Dampfes bei dem Leergange durch Gegengewichte, am Balancier hängend, aufgehoben, welche Wirkung dann bei der Kraftleistung wieder abgegeben wurde.

Bezeichnet G das Gewicht des Schachtgehänges, D den gesammten nützlichen Dampfdruck auf den Kolben, W den Druck der Wassersäule auf den Pumpenkolben, so muß, wenn der Dampf bei

Auf- und Niedergang gleiche Wirkung ausüben soll, für den Aufgang G = D und für den Niedergang G + D = W sein; daraus erhält man G = D = ½ W. Wenn daher für eine einfachwirkende Maschine ein Gestänggewicht von G Pfund und ein Cylinderquerschnitt von q □ Zoll nöthig ist, so ist für dieselbe Wassersäule bei doppeltwirkenden Maschinen nur ein Gestänggewicht von ½ G und ein Cylinderquerschnitt von ½ q nöthig. Der Vorzug der doppeltwirkenden Maschinen vor den einfachwirkenden besteht also darin, daß die ersteren für dieselbe Leistung kleinere und daher billigere Maschinenanlagen erfordern.

Herr Ingenieur Ehrhardt in Mühlheim a/d. Rh. hat in der neuesten Zeit die doppeltwirkenden Dampfmaschinen für die Schachtpumpen mit dem besten Erfolge angewendet. Er macht die Arbeit des Dampfes bei dem Niedergange nicht durch Gegengewichte am Balancier nutzbar, sondern er wendet ein hinreichend steifes Gestänge an, das durch den Dampf sowohl gehoben als auch niedergedrückt wird. Das Gestänge hat einen kastenartigen Querschnitt, wie nebenstehende Fig. 3 zeigt, und ist aus Eisenplatten zusammengesetzt.

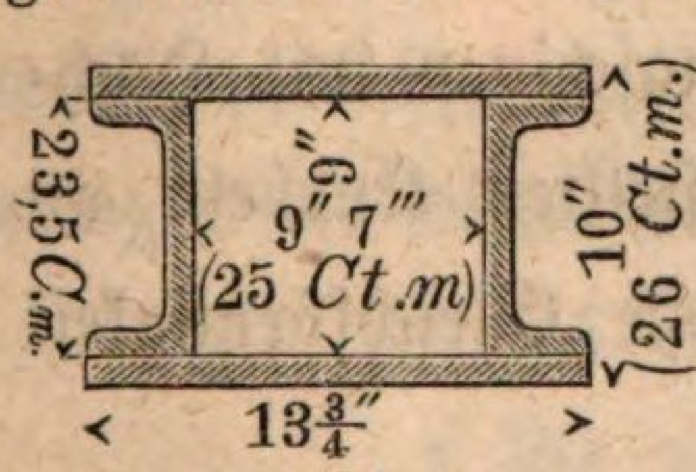


Fig. 3.

Die Kosten für eine 150 pferdige Wasserhaltungsmaschine berechnen sich danach für verschiedene Maschinensysteme wie folgt:

| | | |
|---|---|---|
| Nach Ehrhardt doppelt- und direktwirkend mit Contrebalancier | Thaler | 10750. |
| Nach Ehrhardt doppeltwirkende Balanciermaschine | » | 13250. |
| Cornwallmaschine, einfachwirkend . . . . . . | » | 15500. |
| Ehrhardt-Woolf'sches System . . . . . . . . | » | 17500. |
| Woolf'sches System, einfachwirkend . . . . . | » | 20000. |

Für Pumpwerke, bei denen die Dampfmaschinen nicht wie bei den Schachtpumpen oben bei dem Ausguß des Steigrohres, sondern unten bei den Pumpen selbst am Fuße des Steigrohres ihren Standort haben, haben die doppeltwirkenden Dampfmaschinen außer

den billigeren Anlagekosten noch den Vortheil, daß man zwei oder mehrere doppeltwirkende Pumpen zusammenkuppeln kann, wodurch die Wasserförderung im Steigrohre eine sehr gleichmäßige wird und in Folge dessen auch die Pumpengeschwindigkeit eine größere sein kann, als bei einfachwirkenden Maschinen.

Wo man mit Hochdruck und starker Expansion arbeitet, ist es am zweckmäßigsten, die direktwirkenden Maschinen, die mit einer großen anfänglichen Dampfspannung arbeiten, mit einem Balancier zu versehen; diese Maschinen beginnen nämlich ihren Kolbenweg mit einer so großen Geschwindigkeit, daß dadurch die Maschine heftig angegriffen wird. Bei einer Balanciermaschine dagegen wird ein sehr großer Theil der anfänglichen Kraft zur Ueberwindung der Trägheit des schweren Balancier aufgewendet, wodurch derselbe im ersten Theile des Hubes zu einem Reservoir des Kraftüberschusses wird, welcher im letzten Theile wieder ausgegeben wird.

Zum Heben großer Wassermengen durch eine ungewöhnlich lange Röhrenleitung unter hohem Drucke kann man durch Anwendung von zwei doppeltwirkenden Balanciermaschinen mit Hochdruck und Expansion, die mit rechtwinklig verstellten Kurbeln an eine Schwungradwelle gekuppelt sind, eine große Gleichförmigkeit der Bewegung erzielen.

Daß die Druckwerke überhaupt mehr Kraft als die gewöhnlichen Saug- und Hebewerke, bei übrigens gleichen Umständen, zu ihrer Bewegung erfordern, ist eine zwar sehr gewöhnliche, aber eben so unrichtige Meinung. Denn wenn bei einer Druckpumpe die Ventilöffnung und die Weite der Steigröhre nur weit genug ist, so ist kein Grund vorhanden, warum die von einem Druckkolben aufwärts geschobene Wassersäule der bewegenden Kraft einen größeren Widerstand entgegensetzen sollte, als eine Wassersäule von gleicher vertikaler Höhe, welche von einem Saugkolben mittels des äußeren Luftdruckes aufwärts gezogen wird und auch das Abstoßen des seitwärts aus dem Cylinder einer Druckpumpe

in das Steigrohr gepreßten Wassers (wenn nur das Ansatzrohr weit genug und gehörig abgerundet ist) keinen besonders merklichen hydraulischen Widerstand verursachen kann. Vielmehr sind in Hinsicht auf diesen letzteren die Vortheile offenbar auf der Seite der Druckwerke, da bei diesen der allen Saugwerken eigene, unter gewissen Umständen ziemlich beträchtliche Widerstand des durch den hohlen Kolben bei dessen Niedergange gezwängten Wassers gänzlich wegfällt, und die beiden Ventilöffnungen unabhängig von dem Durchmesser des Kolbenrohres oder Cylinders nach Belieben erweitert werden können.

Die Druckpumpen mit Plunger- oder Taucherkolben sind die solidesten und bieten den Pumpen mit massivem Kolben gegenüber folgende Vortheile. Sie verursachen sehr wenige und nicht kostspielige Reparaturen, da man zum Dichten bloß etwas Hanf bedarf; sie sind für unreine Wasser besonders geeignet, da der Kolben im Cylinder nicht anliegt; letzterer Umstand gestattet eine gewisse Verstärkung, wenn man einen neuen Kolben anschafft und die Stopfbüchse ausbohrt; die Reibung in der Stopfbüchse ist viel geringer als diejenige der Lederstulpen. Die Plungerkolben liefern

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| bei | 14 | bis | 18 | Spielen | pr. | Minute | 95 % |
| » | 20 | » | 28 | » | » | » | 92 % |
| » | 35 | | | » | » | » | 89 % |
| » | 45 | | | » | » | » | 75 % |

der theoretischen Wassermenge, wogegen die Pumpen mit massivem Kolben

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| bei | 21 | bis | 22 | Spielen | pr. | Minute | nur | 91 % |
| » | 24 | » | 29 | » | » | » | » | 87 % |
| » | 47 | | | » | » | » | » | 70 % |
| » | 67 | | | » | » | » | » | 60 % |

des von dem Kolben beschriebenen Volumens ausbringen; es sind also die Wasserverluste bei dem Plungerkolben etwas geringer. Dagegen sind Plungerkolben in der Aufstellung unbequemer und

kostspieliger, brauchen mehr Platz und solidere Fundirungen und sind minder transportabel als die Pumpen mit massivem Kolben, weßhalb letztere namentlich für Handbetrieb oft den Vorzug erhalten.

Ferner ist bezüglich der Hub- und Druckpumpen zu bemerken, daß bei Hubpumpen ein rascher Gang vortheilhaft ist, indem z. B. nach dieserhalb angestellten Versuchen die Hubwassermenge

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| bei 27 bis 40 Spielen | pr. | Minute | | 92 % |
| » 50 | » | » | » | 95 % |
| » 60 | » | » | » | 98 % |

von der theoretischen betrug und würde hienach bei raschem Gange bei den Hubpumpen der Wasserverlust geringer sein als bei den Druckpumpen, namentlich bei denjenigen mit massivem Kolben. Endlich kann es als ein Vorzug vor den Druckpumpen betrachtet werden, daß bei den Hubpumpen das Gestänge bloß auf Zug in Anspruch genommen ist, daß der Kolben wegen des Wegfalles des nach dem Saugventilgehäuse führenden Ansatzrohres am Cylinder sich dem Ventile mehr nähern, also der schädliche Raum möglichst gering gemacht werden kann und endlich, daß weniger Störungen und geringere Ablenkungen der Wassersäule vorkommen.

Bei der Ausführung von Pumpen ist vor Allem darauf zu sehen, daß in dem Zwischenraume vor dem Kolben und dem Pumpencylinder sich nicht Luft ansammeln kann, die in jedem Falle die Hubwassermenge verringern muß, ja dasselbe bis auf Null reduciren kann. Ein solcher Luftsack wirkt um so störender, je größer die Saughöhe ist, ebenso je größer die Druckhöhe ist. Vermeiden läßt sich dieser Uebelstand dadurch, daß man die Abzweigungen von dem Pumpencylinder zu den Druckventilen so anbringt und den Zwischenraum zwischen diesen und dem höchsten oder tiefsten Kolbenstande so annimmt, daß das Wasser in aufsteigender Richtung möglichst leicht zu den Druckventilen gelangen kann.

Bei Legung der Saugröhren hat man besonders darauf zu achten, daß dieselben nie nach der Pumpe zu fallen, sondern stetig

dahin steigen. Das Wasser, welches unter dem atmosphärischen Drucke Luft absorbirt, verliert einen Theil dieser Luft, wenn es in dem Saugrohre in die Höhe steigt, also einem geringeren Drucke ausgesetzt ist. Kann diese Luft nicht regelmäßig entweichen, sondern sammelt sie sich in einem höher gelegenen Theile des Saugrohres, so wird dieses Luftvolumen so lange wachsen, bis die Luft anfängt in die Pumpe zu treten. Der regelmäßige Gang der Pumpe hört dann auf und dieselbe liefert entweder nur sehr unregelmäßig Wasser oder gar nicht.

---

## Zweiter Abschnitt.

# Pumpenconstruktionen.

---

### A. Saug- und Hebepumpen.

#### 1) Einrichtung der Saug- und Hebepumpen im Allgemeinen.

Die Saugpumpe besteht im Wesentlichen, wie nebenstehende Abbildung Fig. 4 zeigt, aus dem Pumpencylinder oder Stiefel C, auch Kolbenrohr genannt, in welchem sich der durchbohrte oder Ventilkolben K luft- und wasserdicht bewegen läßt; ferner aus den aufwärts sich öffnenden Saug- und Kolbenventilen s und k und endlich aus dem Saugrohre S. Der im Unterwasser befindliche Theil des Saugrohres ist an seinem Ende mit einem sogenannten Saugkorbe versehen, der siebartig durchlöchert ist, um das Eindringen grober Verunreinigungen in das Saugrohr und die Pumpen zu verhindern. Zweckmäßig ist es, den Saugkorb mit dem Saugrohr der Art zu verbinden, daß er von demselben behufs Reinigung leicht getrennt werden kann; oder wenn eine solche Verbindung nicht statthaft ist, oberhalb des Saugkorbes im Saugrohre eine verschließbare Seitenöffnung anzubringen.

Ventilsitz, sowie die Ventile selbst, bieten hinsichtlich ihrer Construktion und des Materials, aus dem sie bestehen, eine große Mannichfaltigkeit dar, und werde ich darauf in einem besonderen Kapitel des Näheren eingehen. Der Raum, in welchem sich der

Ventilsitz befindet und das Ventil sich bewegt, heißt die Ventilkammer, welche ebenfalls durch eine verschließbare Seitenöffnung zugänglich sein soll. Ueber dem Pumpenstiefel ist noch ein weiteres Rohr aufgesetzt, in welchem sich das Auslaufrohr A befindet.

Die Pumpenkolben bestehen je nach dem Material, aus welchem der Stiefel hergestellt ist, ebenfalls aus verschiedenen Stoffen, und habe ich der Beschreibung der verschiedenen Kolbenconstruktionen ebenfalls ein besonderes Kapitel gewidmet.

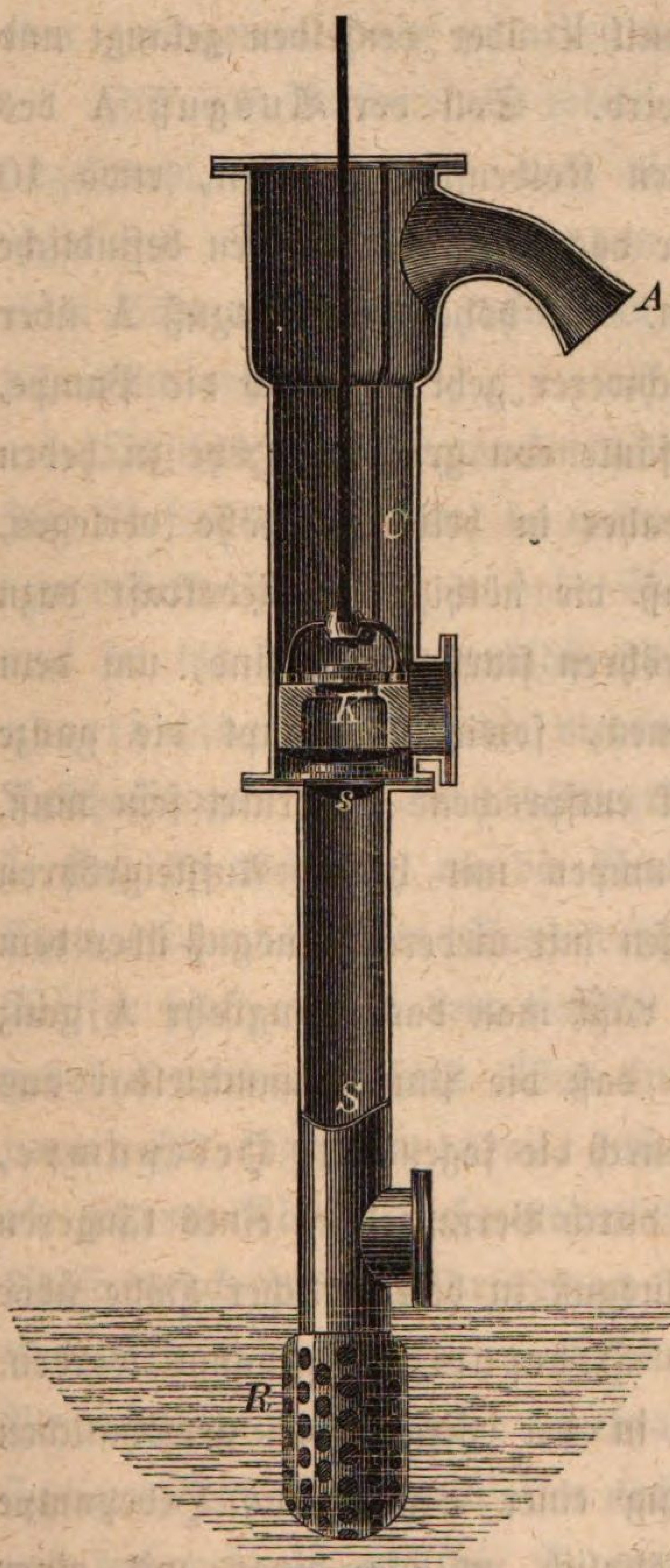



Fig. 4.

Die Wirkungsweise einer Saugpumpe ist folgende:

Beim Beginne des Pumpens befindet sich der Kolben in seinem niedrigsten Stande und die im Saugrohre befindliche Luft steht mit der äußeren, auf den Unterwasserspiegel drückenden Luft im Gleichgewichte. Bei dem Aufgange des Kolbens vergrößert sich der unter dem Kolben befindliche Raum und die im Saugrohre enthaltene Luft vertheilt sich in demselben, wodurch sie verdünnt wird und an ihrer Elasticität verliert, so daß sie jetzt dem äußeren Luftdruck das Gleichgewicht nicht mehr halten kann, aus welchem Grunde der letztere das Wasser aus dem Saugkasten R bis auf eine dieser Luftverdünnung entsprechende Höhe hineindrückt.

Bei dem Niedergange des

Kolbens schließt sich das Saugventil s, das während des Kolbenaufganges geöffnet war, und die im Kolbenrohr befindliche Luft wird so lange zusammengepreßt, bis sie das Kolbenventil heben und durch die dadurch frei werdende Oeffnung über den Kolben entweichen kann. Beim abermaligen Heben des Kolbens wiederholt sich dasselbe Spiel und das Wasser steigt im Saugrohre wieder höher, so daß endlich bei fortgesetzter Auf- und Abbewegung des Kolbens anstatt Luft, Wasser durch das Ventil s in den Stiefel tritt, dann durch das Kolbenventil k über denselben gelangt und bis zum Ausguß A gehoben wird. Soll der Ausguß A des Wassers höher über dem höchsten Kolbenstande liegen, etwa 10 oder 20 Meter, so hat man nur das über dem Kolben befindliche Rohr entsprechend zu verlängern. Je höher der Ausguß A über dem Kolben sich befindet, desto schwerer geht natürlich die Pumpe, weil bei jedem Hube eine Wassersäule von größerer Höhe zu heben ist. Dieser Ausguß läßt sich daher in beliebige Höhe verlegen, wenn man nur dafür sorgt, daß die nöthige Betriebskraft dazu vorhanden und daß die Aufsteigröhren stark genug sind, um dem Wasserdruck widerstehen zu können, sowie überhaupt die ganze Pumpe dem erhöhten Wasserdruck entsprechend construirt sein muß. Der Bergmann nennt solche Pumpen mit hohen Aufsteigröhren einen hohen Satz, und diejenigen mit niederem Ausguß über dem Kolben einen niederen Satz. Läßt man das Saugrohr A ganz weg oder macht es sehr kurz, so daß die Pumpe unmittelbar aus dem Wasser saugt, so entsteht dadurch die sogenannte Hebepumpe, während diejenigen Pumpen, die durch Vermittelung eines längeren Saugrohres saugen und deren Ausguß in beträchtlicher Höhe über dem Kolben liegt, Saug- und Hebepumpen genannt werden. Die letztere Einrichtung haben in der Regel die gewöhnlichen Brunnenpumpen. Die Bewegung einer Saug- und Hebepumpe geschieht für Handbetrieb gewöhnlich mittels eines mit einer Schwungmasse versehenen Schwengels (Schwengelpumpen)

oder mittels eines horizontalen um eine Drehaxe beweglichen Hebels, an dessen einem Ende die Pumpenstange und am anderen, längeren Ende die Zugstange eingehängt ist (Drückelpumpe). Für Maschinenbetrieb der Pumpen wird die Bewegung der Kraftmaschine gewöhnlich mittels Kurbelmechanismus auf die Pumpen übertragen. Statt der gewöhnlichen Kurbel kann man Kurbelscheiben anbringen, auf welchen die Warze an verschiedenen Halbmessern befestigt werden kann, so daß man im Stande ist, mit größerem oder geringerem Hube zu arbeiten.

Für das Passiren der todten Punkte werden Schwungräder angebracht, die zugleich auch die Bewegung der Kraftmaschinen reguliren. Durch Kuppelung von zwei oder drei Pumpenkolben an einer Schwungradwelle kann man die Regelmäßigkeit der Bewegung bedeutend erhöhen.

Obschon in Bergwerken ausnahmsweise Pumpensätze bis zu 200 Klafter vorkommen, so werden diese doch in der Regel je nach den Lokalverhältnissen in hohe Sätze zu 15 bis 18, oder mittlere von 10 bis 12, oder endlich niedere Sätze von 6 bis 8 Klafter abgetheilt. Obgleich die niederen Sätze im Allgemeinen größere Anschaffungs- und Unterhaltungskosten verursachen als die hohen, so sind sie doch da, wo die Gewässer in verschiedenen Höhen zusitzen, einem einzigen Satze deßhalb vorzuziehen, weil alle diese Wässer sonst erst zu dem tiefsten Punkte geleitet und dann wieder gehoben werden müßten. Was einmal einen unnützen Kostenaufwand verursacht, abgesehen davon, daß bei einem sehr hohen Röhrensatze die unteren Röhren außerordentlich stark sein müssen, um von dem Wasserdrucke nicht zersprengt zu werden. In dem Falle, wo die Gewässer in verschiedenen Höhen zusitzen und deßhalb mehrere Pumpensätze über einander angebracht werden müssen, ist zu berücksichtigen, daß sich das Wasser nach aufwärts immer mehr anhäuft, und daß deßhalb auch die Pumpencylinder der obern Sätze, da die Geschwindigkeit der Pumpenkolben, die ein einziges gemeinschaftliches

Schachtgestänge haben, für alle Sätze dieselbe ist, weiter als die der unteren Sätze gebohrt sein müssen.

Bei vielen Pumpen geht die Kolbenstange nicht von oben, sondern von unten in den Cylinder, welche Einrichtung man besonders für Druckpumpen mit langem Gestänge anwendet, um die niederdrückende Kraft auf den Kolben in eine aufwärts ziehende zu verwandeln.

## 2) Gewöhnliche, hölzerne Pumpe.

Eine der gewöhnlichen Einrichtungen von Brunnenpumpen mittels hölzerner Röhren ist durch nebenstehende Abbildung dargestellt.

S ist das, gewöhnlich aus Kiefernholz gebohrte Ventilstöckel, in das von oben das metallene Kegelventil s eingesetzt ist, und in welchem weiter unten einige mit Seiherblechen überdeckte Seitenöffnungen g g sich befinden; über dem Ventilstöckel sitzt unmittelbar das ebenfalls hölzerne Stiefelrohr C, sammt den bis über den Ausfluß A fortgesetzten Röhrenstücken B, die mittels eiserner cylindrischer Büchsen b, welche in halber Höhe rund herum einen Ansatz haben und von da nach beiden Seiten schneidig zulaufen, sowie mittels den gewöhnlichen eisernen Klammern c mit einander verbunden sind. Zur leichteren und exakteren Bewegung des Kolbens wird das Stiefelrohr C inwendig mit einem messingnen hohlen Cylinder, der im Lichten meistens 5 bis 7 Centimeter Durchmesser und etwa 40 bis 45 Centimeter Länge hat, ausgebüchst. Die Röhrenstücke aus Holz haben gewöhnlich eine Länge von 3 bis 4 Meter und eine Stärke von 25 bis 36 Centimeter.

Von den in Bergwerken üblichen Pumpen oder Sätzen wird bei einem niederen Satze das höchstens bis 7,0 Meter hohe, aus Kiefern- oder Lärchenholz hergestellte Saugrohr mit dem ebenfalls aus Holz hergestellten, gegen 1,25 Meter hohen Stiefelrohr mittels

des Stöckels vereinigt. Das **Stöckel** ist ein viel stärkerer 0,60 bis 0,80 Meter langer hölzerner Cylinder, der von Außen mit eisernen Reifen gefaßt ist und in welchem das Stiefel- und Saugrohr luft- und wasserdicht eingekeilt werden. Um leicht zu dem Saugventile gelangen zu können, ist das Stöckel seitwärts 12 bis 15 Centimeter weit ausgebohrt und für gewöhnlich verspundet.

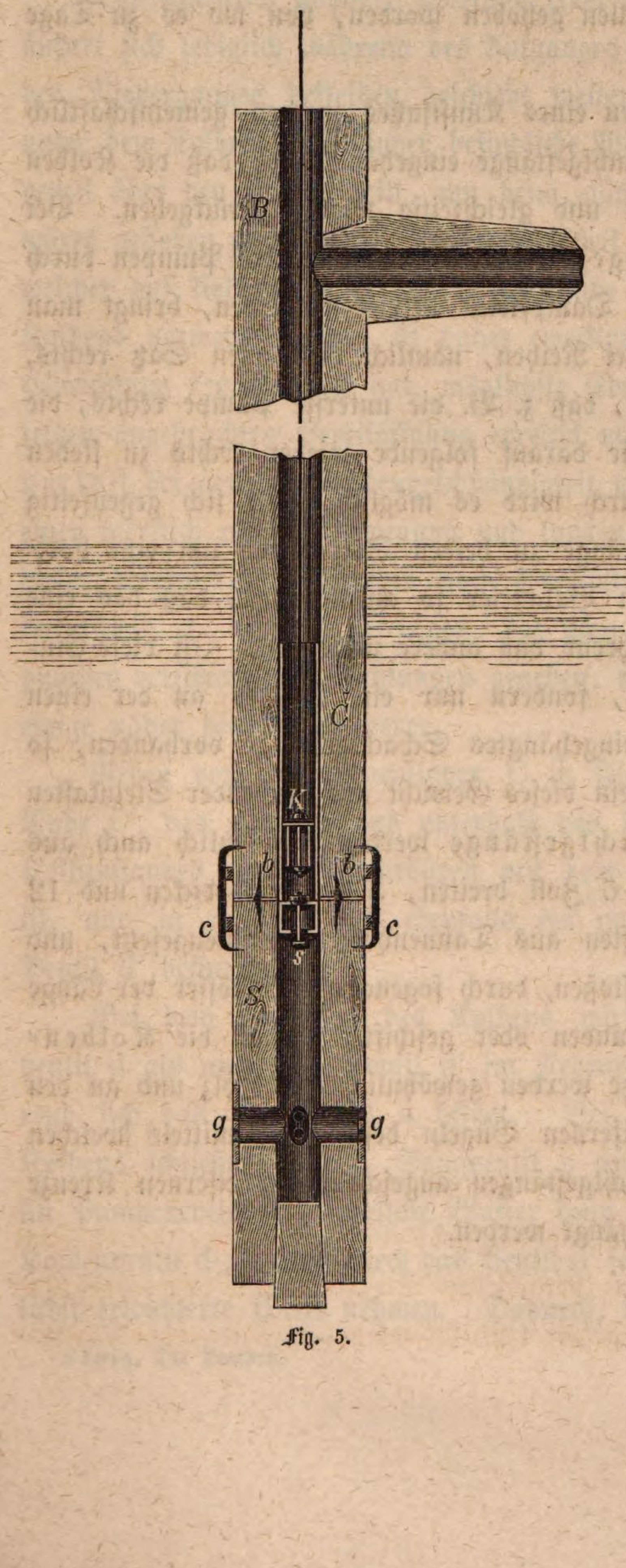


Fig. 5.

Bei den hohen Sätzen wird das Kolbenrohr meistens aus Metall hergestellt, und es kommen darauf die ebenso weiten hölzernen, mit eisernen Reifen beschlagenen Aufsatzröhren zu stehen.

Ist das Wasser auf eine Höhe von 70 bis 100 Meter zu heben, so bringt man in der Regel mehrere Sätze (sogenannte Kunstsätze) über einander an, und richtet das Ganze so ein, daß immer die tiefer liegende Pumpe der nächst höheren das Wasser zuführt. Die

unterste Pumpe steht unmittelbar im Unterwasser (Sumpfe) und fördert dasselbe in den nächsten Sammelkasten (Satzkästel), in welchen eine zweite Pumpe eingesetzt ist, um das Wasser wieder in den nächst höheren Sammelkasten zu fördern u. s. w., bis es zuletzt in jenen Stollen gehoben worden, von wo es zu Tage abläuft.

Die Pumpenstangen eines Kunstsatzes werden gemeinschaftlich in das sogenannte Schachtgestänge eingehängt, so, daß die Kolben zu gleicher Zeit saugen und gleichzeitig wieder zurückgehen. Bei den sogenannten Kunstgezeugen, bei welchen die Pumpen durch Wasser-, Pferde- oder Dampfkraft betrieben werden, bringt man die Pumpensätze in zwei Reihen, nämlich den einen Satz rechts, den andern links so an, daß z. B. die unterste Pumpe rechts, die nächst höhere links, die darauf folgende wieder rechts zu stehen kommt u. s. w. Dadurch wird es möglich, zwei sich gegenseitig balancirende Schachtgestänge zu beiden Seiten des um eine horizontale Axe beweglichen Balancier so anzubringen, daß das eine in die Höhe steigt, während das andere niedergeht. Ist diese Einrichtung nicht getroffen, sondern nur ein einziges an der einen Seite des Balancier eingehängtes Schachtgestänge vorhanden, so wird am andern Ende ein dieses Gewicht ausgleichender Steinkasten angehängt. Die Schachtgestänge werden gewöhnlich auch aus Holz, nämlich aus 4—6 Zoll breiten, 3—4 Zoll dicken und 12—20 Fuß langen Pfosten aus Tannenholz zusammengesetzt, und dort, wo sie zusammenstoßen, durch sogenannte Schlösser der Länge nach mit einander verbunden oder geschiftet. Auch die Kolbenstangen für hohe Sätze werden gewöhnlich aus Holz und an den Einhängepunkten mit eisernen Bügeln beschlagen, mittels welchen sie in die an den Schachtgestängen angeschraubten eisernen Kreuze oder Krimmsen eingehängt werden.

### 3) Saug- und Hebepumpe mit Umgangsrohr.

Die eigentlich nutzbare Wirkung einer Saug- und Hebepumpe äußert sich lediglich während des Aufganges des Kolbens, während des Niederganges desselben geschieht weiter nichts, als daß das unter dem Kolben im Cylinder befindliche Wasser durch das Kolbenventil über den Kolben tritt, um beim nächstfolgenden Hube aufwärts gehoben zu werden. Derjenige Theil der bewegenden Kraft, welcher auf Ueberwindung der Widerstände beim Niedergange des Kolbens verwendet wird, ist daher zwecklos. Durch zweckmäßige Einrichtung des Kolbens und möglichste Erweiterung der in demselben angebrachten Ventilöffnung erreicht man, daß dieser Kraftverlust bei geringer Kolbengeschwindigkeit unbedeutend wird. Bei einer merklich raschen Bewegung und langen Kolbenzügen ist jedoch dieser Kraftverlust immerhin noch beträchtlich genug. Um diesen Uebelstand möglichst zu beseitigen, hat man den Saug- und Hebepumpen verschiedene Einrichtungen gegeben, wovon ich im Folgenden einige näher beschreiben werde.

Neben dem Pumpencylinder C in Fig. 6 befindet sich ein Rohr C′, das oberhalb und unterhalb des höchsten und niedersten Kolbenstandes durch Bogenröhren mit dem Cylinder C verbunden ist, und in welchem sich ebenfalls ein nach oben sich öffnendes Ventil d′ befindet.

Bei dem Aufgange des Kolbens wird sowohl das Kolbenventil d als auch das Ventil d′ im Nebenrohre geschlossen, während sich das Saugventil s öffnet. Bei dem Niedergange des Kolbens schließt sich das Saugventil s und das über demselben im Pumpencylinder befindliche Wasser kann nun sowohl durch das Kolbenventil d als auch durch das Ventil d′ seinen Austritt auf möglichst erleichterte Weise nehmen. Dadurch, daß man die Lichtweite

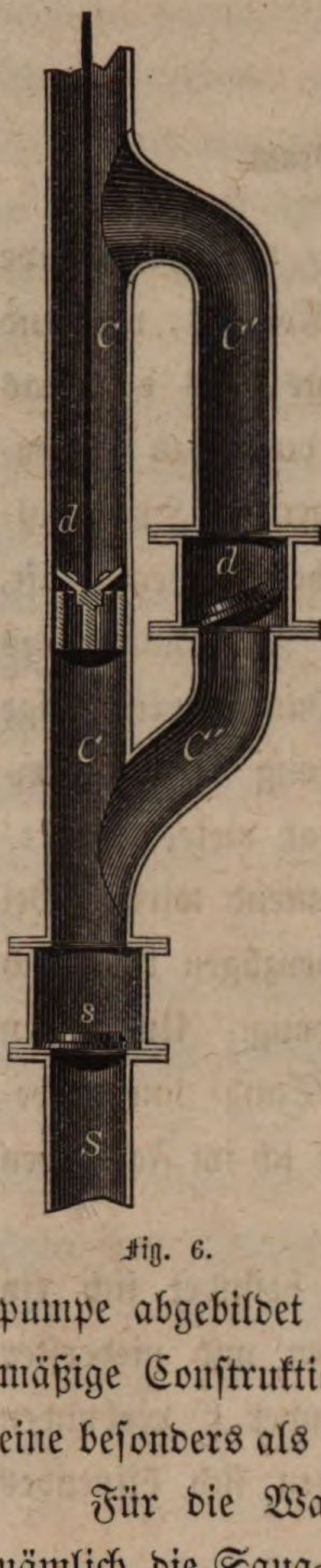


Fig. 6.

des Nebenrohres beliebig groß machen kann, hat man es in der Hand, die Geschwindigkeit des über den Kolben strömenden Wassers beträchtlich zu vermindern und mithin auch die hydraulischen Widerstände bei dem Niedergange des Kolbens auf ein geringes Maaß zu reduciren. Statt das eine Ventil, wie gewöhnlich bei den Saug- und Hebepumpen dieß der Fall ist, unterhalb des Kolbens im Boden des Pumpencylinders anzubringen, kann man dasselbe auch über dem Kolben im obern Theile des Cylinders anbringen, nur muß bei dieser Einrichtung der Pumpencylinder nach oben durch einen Deckel mit Stopfbüchse für die Kolbenstange luft- und wasserdicht abgeschlossen sein, so daß das durch den Kolben bei dessen Aufgang gehobene Wasser nur durch das sich nach oben öffnende Ventil im obern Theile des Cylinders in das Steigrohr gelangen kann.

Nachfolgend ist ferner eine Saug- und Hebepumpe abgebildet und beschrieben, die sich besonders durch zweckmäßige Construktion des Ventilkolbens auszeichnet und wovon die eine besonders als Schachtpumpe von Gottfried Stumpf construirt ist.

Für die Wasserbeförderung aus tiefen Schächten eignet sich nämlich die Saug- und Hebepumpe besonders deßwegen, indem hier das Gewicht der Schachtgestänge den Niedergang des Kolbens bewirkt und ferner der schädliche Raum zwischen dem Kolben und den Ventilen möglichst klein gemacht werden kann.

Druckpumpen dagegen werden hauptsächlich da angewendet, wo das Wasser über das Niveau der Maschine gehoben werden soll, wie dieß gewöhnlich bei Wasserwerken zur Wasserversorgung von Städten der Fall ist. Aber in Schächten sind sie wegen des schweren

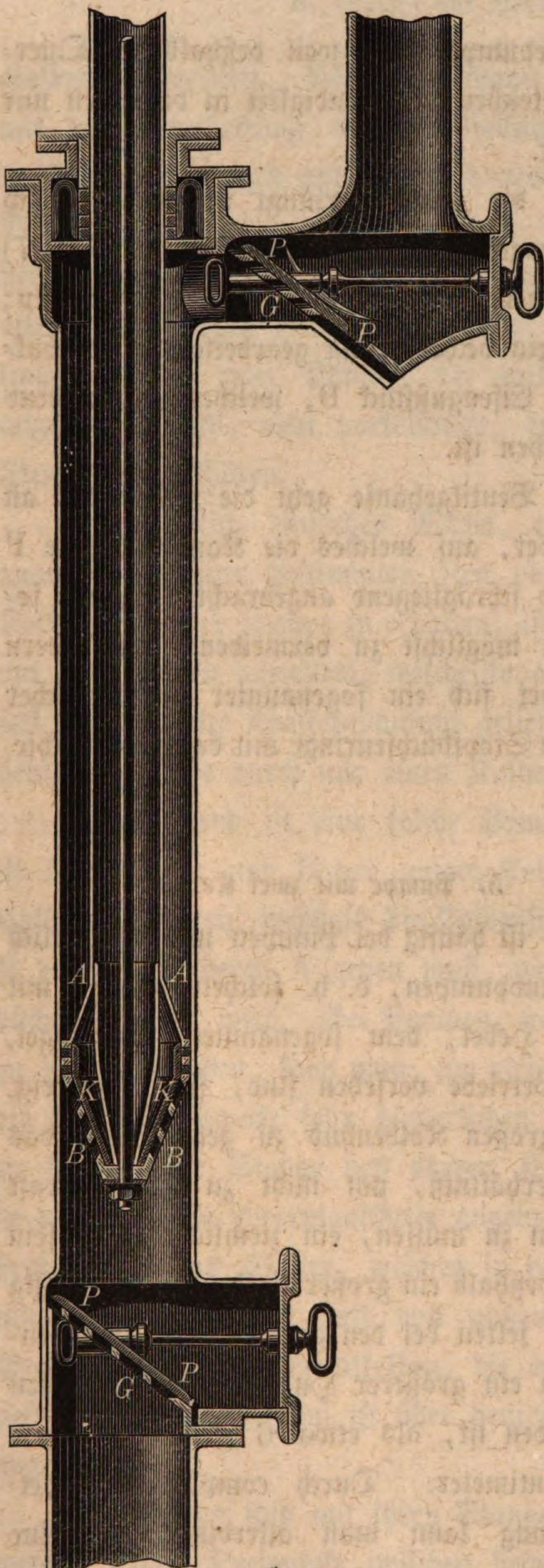



Fig. 7.

Pumpengestänges mit seinen zahlreichen Leitwalzen nicht so zweckmäßig als die Saug= und Hebepumpen, die mit einem Gegengewichte versehen werden, das gerade so groß ist, daß das Gewicht des Pumpengestänges den regelmäßigen Niedergang bewirkt.

### 4) Saug= und Hebepumpe von Gottfr. Stumpf.

Die Kolbenstange ist im Querschnitt halb so groß als der Querschnitt des Cylinders, verdrängt beim Niedergange des Kolbens, als Kolben einer Druckpumpe wirkend, jedesmal die Hälfte des in den Cylinder eingesaugten Wassers und die andere Hälfte wird beim Saugen und Aufgange des Kolbens gefördert. Bei größeren Pumpen ist diese Einrichtung schon deßhalb vortheilhaft, weil die Bewegung des Wassers in den Steigrohren keine unterbrochene ist, wie bei ge=

wöhnlichen Saug- und Hebepumpen und weil deßhalb der Querschnitt der Steigröhren bei gleicher Geschwindigkeit in denselben nur halb so groß zu sein braucht.

An der Kolbenstange, die unten verjüngt ist, befindet sich 1) das mit 4 großen Oeffnungen versehene Eisengußstück A (Fig. 7) in Form eines abgestützten Kegels, unten mit einem Rande versehen; 2) zwei Metallringe r; 3) ein becherförmig gearbeitetes Kautschukstück K und 4) ein zweites Eisengußstück B, welches entsprechend der Kautschukstärke durchbrochen ist.

Durch den Deckel der Ventilgehäuse geht die Schraube, an der sich das Gitter G befindet, auf welches die Kautschukplatte P aufschlägt. Die Ventile sind schrägliegend angebracht, um den sogenannten schädlichen Raum möglichst zu vermeiden. Im obern Theile des Cylinders befindet sich ein sogenannter Bramah'scher Ring von Kautschuk, sowie die Stopfbüchsenringe mit der Stopfbüchse.

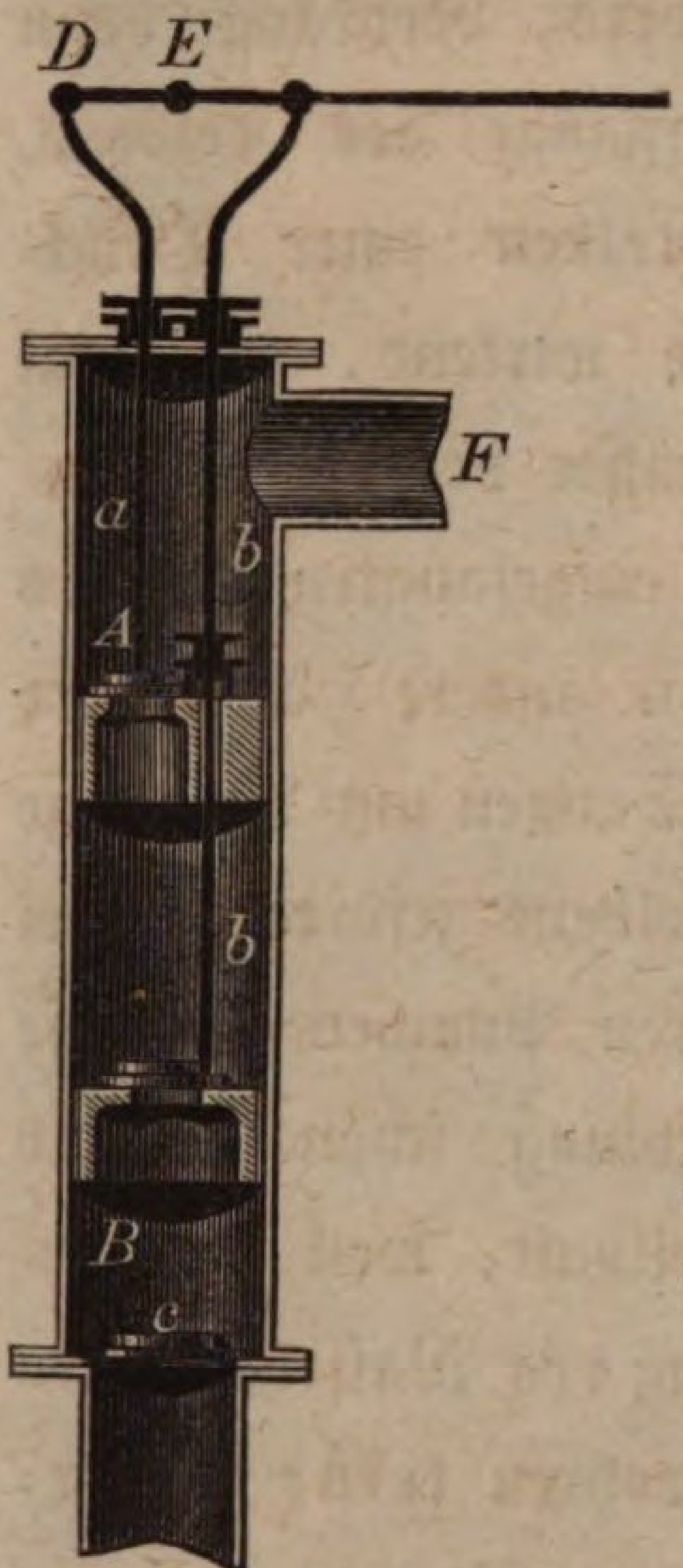


Fig. 8.

### 5) Pumpe mit zwei Kolben.

Es ist häufig bei Pumpen und namentlich bei Handpumpen, d. h. solchen, welche mit einem Hebel, dem sogenannten Schwengel, zum Betriebe versehen sind, sehr schwierig, einen großen Kolbenhub zu geben, weil das Hebelverhältniß, um nicht zu große Kraft ausüben zu müssen, ein ziemlich großes sein muß, weßhalb ein großer Kolbenhub unzuläßig ist und selten bei den gewöhnlichen Brunnenpumpen ein größerer Hub der Pumpenkolben vorhanden ist, als etwa 6 Zoll oder 15—18 Centimeter. Durch complicirte Hebelanordnung kann man allerdings für eine kleine Bewegung des Handhebels einen großen

Kolbenhub erzielen. Aber Jedermann weiß, wie wenig Sorgfalt auf die Unterhaltung von gewöhnlichen Brunnenpumpen, welche meistens dem Regen und der Luft ausgesetzt sind, verwendet wird. Von Schmieren der einzelnen Theile ist gar keine Rede und eine Reparatur wird erst dann vorgenommen, wenn die Pumpe trotz aller Bemühungen kein Wasser mehr giebt. Eine solche Behandlung darf bei einer Pumpe, bei welcher complicirte Hebelwerke angewendet sind, nicht vorkommen, denn sonst würde bald jede Bewegung aufhören.

Ein ziemlich einfaches Mittel, um ein bestimmtes Wasserquantum in einer bestimmten Zeit oder auf eine gewisse Anzahl Kolbenhübe einer Pumpe zu erhalten, ist das, daß man eine Pumpe mit zwei Kolben anwendet, welche so arbeiten, daß durch dieselben fast das doppelte Wasserquantum geliefert wird, welches man bei demselben Hube durch nur einen Kolben erhalten würde.

Nebenstehend ist eine solche Pumpe skizzirt durch Fig. 8: Es ist A der obere und B der untere Kolben, welche beide in einem Cylinder arbeiten, weßhalb die Kolbenstange b des unteren Kolbens B durch den oberen A gehen muß, woselbst sie durch eine Stopfbüchse gedichtet wird. Bei Pumpen, welche das Wasser nicht hoch zu heben brauchen, kann man, um diesen Durchgang leicht und ohne die für diese Zwecke sehr hinderlichen Stopfbüchsen bewerkstelligen zu können, die Stange des oberen Kolbens als Rohr herstellen, in welchem eine Ledermanschette angebracht ist, die diese Dichtung herbeiführt, das Wasser, welches in das Rohr eintritt, zurückhält und den Eintritt der Luft von außen in die Pumpe verhindert. Beide Kolben sind Ventilkolben, die dem Wasser den Durchgang gestatten, und außerdem ist über dem Saugrohr das Saugventil C angebracht.

Die Kolben sind mit ihren Stangen an den Hebel D gehängt, welcher seinen Drehpunkt zwischen beiden Stangen bei E hat, so daß die Kolben stets entgegengesetzte Bewegung haben. Der Hebel D

ist über den Angriffspunkt einer Stange hinaus verlängert oder ein besonderer Hebel auf der Drehaxe E angebracht, der als Handhabe zur Drehung dient. Wird die Handhabe niedergedrückt, so geht der obere Kolben A nach unten und der untere Kolben B nach oben. Es wird also der Raum zwischen beiden Kolben verkleinert und das dazwischen befindliche Wasser durch das Ventil des oberen Kolbens hindurch gehen und beim Aufgange des Kolbens durch das Auslaufrohr D seinen Austritt nehmen. Durch die Bewegung des unteren Kolbens nach oben entsteht zugleich unterhalb dieses Kolbens ein luftverdünnter Raum über dem Saugventile c, dieses öffnet sich und das Wasser dringt aus dem Saugrohr in den unteren Raum des Pumpencylinders. Wird dann, wenn sich die Kolben am nächsten gekommen sind, der Hebel D nach oben bewegt, so wird das über dem oberen Kolben befindliche Wasser mit demselben gehoben und durch den Ausguß F befördert. Der untere Kolben geht nach unten und das Wasser, welches zwischen diesem und dem Saugventile steht, wird anfänglich durch das in dem Kolben befindliche Ventil gedrängt. Da aber der Raum zwischen beiden Kolben sich rasch vergrößert, so wird eine Luftverdünnung in dem Raume zwischen beiden Kolben entstehen und dann das Wasser leichter durch den unteren Kolben treten. Gleichzeitig wird sich aber auch, wenn die Luftverdünnung den erforderlichen Grad erreicht hat, das Saugventil öffnen und mehr Wasser aus dem Saugrohr nachziehen, so daß in dem Raum zwischen beiden Kolben bei ihrer größten Entfernung von einander mehr Wasser kommt als vorher zwischen dem Saugventile und dem unteren Kolben stand.

Man kann diese Pumpen auch mit massivem Kolben anwenden; in solcher Form ist die Anwendung dieser Pumpen auch eine weit größere, weil sie dann für alle Fälle benützt werden können. Namentlich wenn die Triebkraft durch Excentrik auf die Kolbenstangen übertragen wird, sind sie sehr vortheilhaft. In beistehender Skizze (Fig. 9) ist eine solche Pumpe mit dem zum

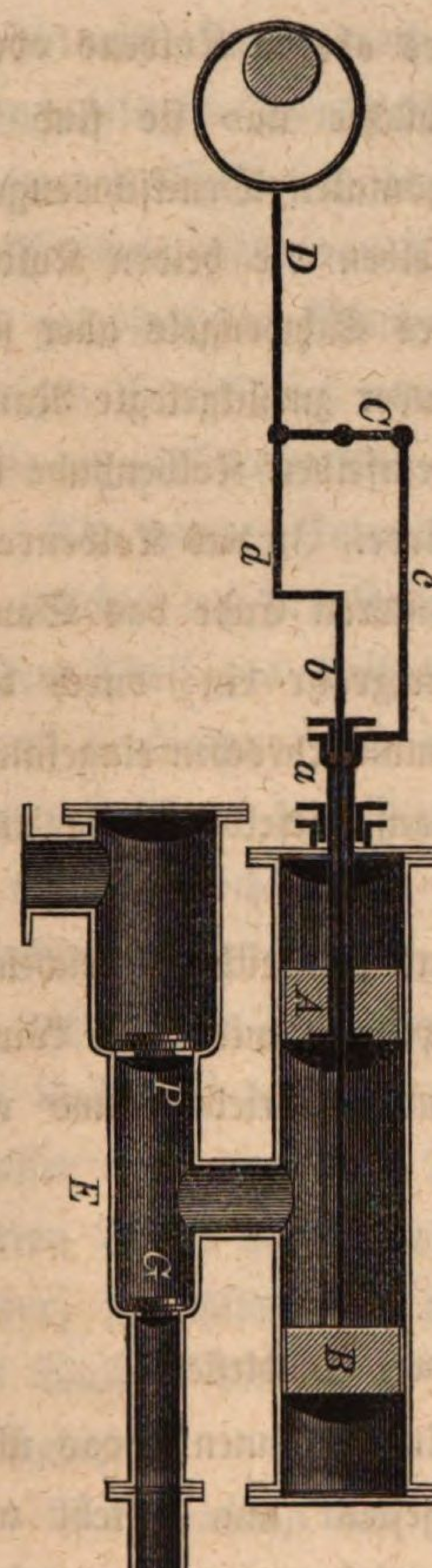



Fig. 9.

Betriebe erforderlichen Excentrik- und Hebelwerk dargestellt.

Es sind A und B die beiden Kolben, von denen A eine hohle Kolbenstange a hat, welche in der Stopfbüchse des Deckels des Cylinders gedichtet ist, und an ihrem oberen Ende ebenfalls eine Stopfbüchse hat, durch welche die Stange b des unteren Kolbens geht. An jede der Stangen ist ein seitlich abstehender Zapfen befestigt, an welchen Gelenkstangen c und d greifen, welche die Kolbenstangen mit dem Hebel C verbinden. Mit dem Hebel C ist zugleich die Excentrikstange D verbunden, durch welche die Bewegung ertheilt wird.

Von der Mitte des Pumpencylinders geht das Saug- und Druckrohr ab, an welches sich das Ventilgehäuse E anschließt, welches bei F das Druck- und bei G das Saugventil enthält. Die Kolben sind so in den Pumpencylinder gestellt, daß einer in der unteren Hälfte arbeitet, während der andere in der oberen Hälfte bewegt wird. Ist die Bewegung nun so, daß die Kolben sich von einander entfernen, so wird der zwischen ihnen entstehende Raum mit durch das Saugventil eintretendem Wasser angefüllt, welches bei dem Zusammengange der Kolben durch das Druckventil aus dem Cylinder entfernt wird.

Bei der Franklin'schen Doppelkolbenpumpe bewegen sich in dem metallnen Pumpenstiefel ebenfalls zwei Kolben, wovon jeder ein doppeltes Klappenventil hat, das sich nach aufwärts öffnet;

von den beiden Kolbenstangen geht jene des oberen Kolbens oben, jene des unteren unten durch eine Stopfbüchse und sie sind zu beiden Seiten des Drehpunktes des horizontalen Druckschwengels so eingehängt, daß beim Niederdrücken desselben die beiden Kolben sich von einander entfernen, beim Heben des Schwengels aber sich einander nähern, also dadurch der im Cylinder zurückgelegte Raum gerade doppelt so groß wird als er bei demselben Kolbenhube bei einem einzigen vorhandenen Kolben sein würde. In das Kolbenrohr münden seitwärts am unteren Ende das Saug- und am oberen das Steigrohr ein; durch das erstere wird das Wasser ununterbrochen eingesaugt, und durch das letztere auf dieselbe Weise ausgegossen.

Eine sehr einfache und sinnreiche Einrichtung einer Saug- und Hebepumpe mit zwei Windkesseln ist die nachfolgend beschriebene und abgebildete.

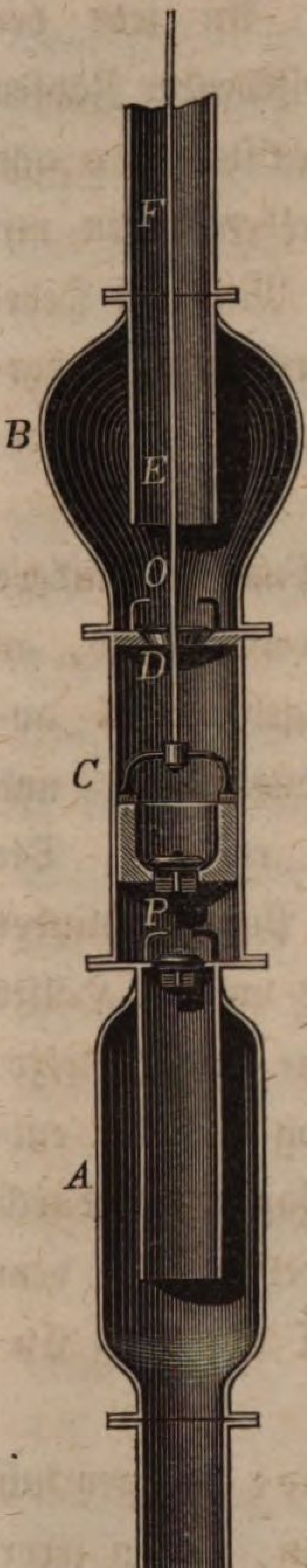


Fig. 10.

#### 6) Pumpe mit zwei Windkesseln.

Diese Pumpe wird im Brunnen etwas über dem Wasserspiegel aufgestellt und besteht aus drei Haupttheilen: dem unteren oder Saugwindkessel A (Fig. 10), dem oberen oder Druckwindkessel B und dem Pumpencylinder C, in dem sich der Kolben bewegt. Der untere Windkessel ist insofern ein Saugwindkessel, als die darin enthaltene Luft, welche durch die Wirkung des Pumpenkolbens verdünnt wird, das Wasser nach sich zieht und es aufsteigen läßt, auch wenn der Pumpenkolben in entgegengesetzter Richtung sich bewegt. Die vereinigte Wirkung beider Windkessel

ergiebt ein ununterbrochenes Aufsteigen des Wassers, sowohl im Saug- als im Druckrohr. Der untere Windkessel verhindert vermöge der Elasticität der in demselben enthaltenen und auf die Wassersäule wirkenden Luft den Widerstoß im Saugrohr, der bei den gewöhnlichen Pumpenanordnungen durch den plötzlichen und heftigen Ventilschluß veranlaßt wird, wenn die zu hebende Wassersäule zu groß oder das Saugrohr nicht weit genug ist.

Am unteren Ende des Druckwindkessels befindet sich ein Ventil D, welches auf der Kolbenstange beweglich ist und auf einem gewissen Theil des Hubes der Bewegung desselben folgt. Dieses Ventil verhindert, daß der Kolben durch den Druck der comprimirten Luft und das Gewicht der Wassersäule belastet wird. Damit es nicht zu hoch steigen und die Mündung des im Windkessel ausmündenden Druckrohres verschließen kann, ist in geeigneter Höhe ein auf 3 oder 4 Stützen ruhender Ring O angebracht. Das durch den Kolben P aus dem Pumpenkörper in den Windkessel gedrückte Wasser steigt durch des Druckrohr $\overline{EF}$ auf und comprimirt die im oberen Theile des Windkessels enthaltene Luft. Geht der Kolben nieder, so schließt sich das Ventil und die aufsteigende Bewegung des Wassers wird nur unter dem Drucke der comprimirten Luft fortgesetzt.

Bei Brunnen von sehr großer Tiefe werden mehrere Pumpenkörper, von denen jeder mit einem Saugwindkessel versehen ist, in je 5 bis 6 Meter Entfernung von einander unter einander aufgestellt. Die Kolbenstange geht in diesem Falle durch alle Kolbenventile hindurch, die dann an der Stange sich frei auf und ab bewegen können.

Dieses System kann sowohl als Saug- wie als Druckpumpensystem zur Anwendung kommen. Zu diesem Zwecke schließt man das innerhalb des Druckwindkessels befindliche Rohr, das die Verbindung mit dem Druckrohre vermittelt, oben durch eine Stopfbüchse, durch welche die Kolbenstange hindurchgeführt ist, und bringt

unten eine Oeffnung an, an welche sich das Druckrohr mittels eines Rohrstutzens anschließt. Eine so construirte Pumpe kann auf dreierlei Weise benützt werden:

1) als Druckpumpe, um das Wasser in ein Bassin zu pumpen,

2) als Feuerspritze, wobei das massive Druckrohr durch einen Schlauch zu ersetzen ist;

3) als einfache Saugpumpe. Im letzteren Falle ist unten mit dem Saugwindkessel A ein Abfallrohr zu verbinden, damit kein Ueberdruck in diesem Windkessel entstehen kann.

### 7) Maisch-Pumpe.

Eine besondere Anwendung finden die Saug- und Hebepumpen namentlich auch in den Bierbrauereien, um die Maische während des Brauprocesses die verschiedenen Wanderungen aus dem Bottig in die Pfanne oder auch aus dem Grant in die Pfanne oder auf das Kühlschiff durchmachen zu lassen. Die verschiedenartigen Richtungen, in welchen die Maische durch die Pumpe sowohl angesaugt als auch gehoben werden muß, haben mannichfaltige Constructionen der Maischpumpen veranlaßt, die mehr oder weniger zweckmäßig sind und gebe ich nachstehend eine solche, wie sie von Gebr. Schultz in Mainz ausgeführt werden.

Mit dieser Pumpe werden folgende Zwecke erreicht, ohne Anwendung vieler, oft zerstreut liegender Hähne, welche zu Irrthum Anlaß geben:

1) Die Maische von der Pfanne nach der Bütte zu heben, wo dieß durch die Lage der Bütte nöthig sein sollte;

2) Die Maische von der Bütte nach der Pfanne zu schaffen;

3) Die geläuterte Maische von dem Grant in die Pfanne zu heben und

4) die fertige Würze auf die Kühlschiffe zu fördern.

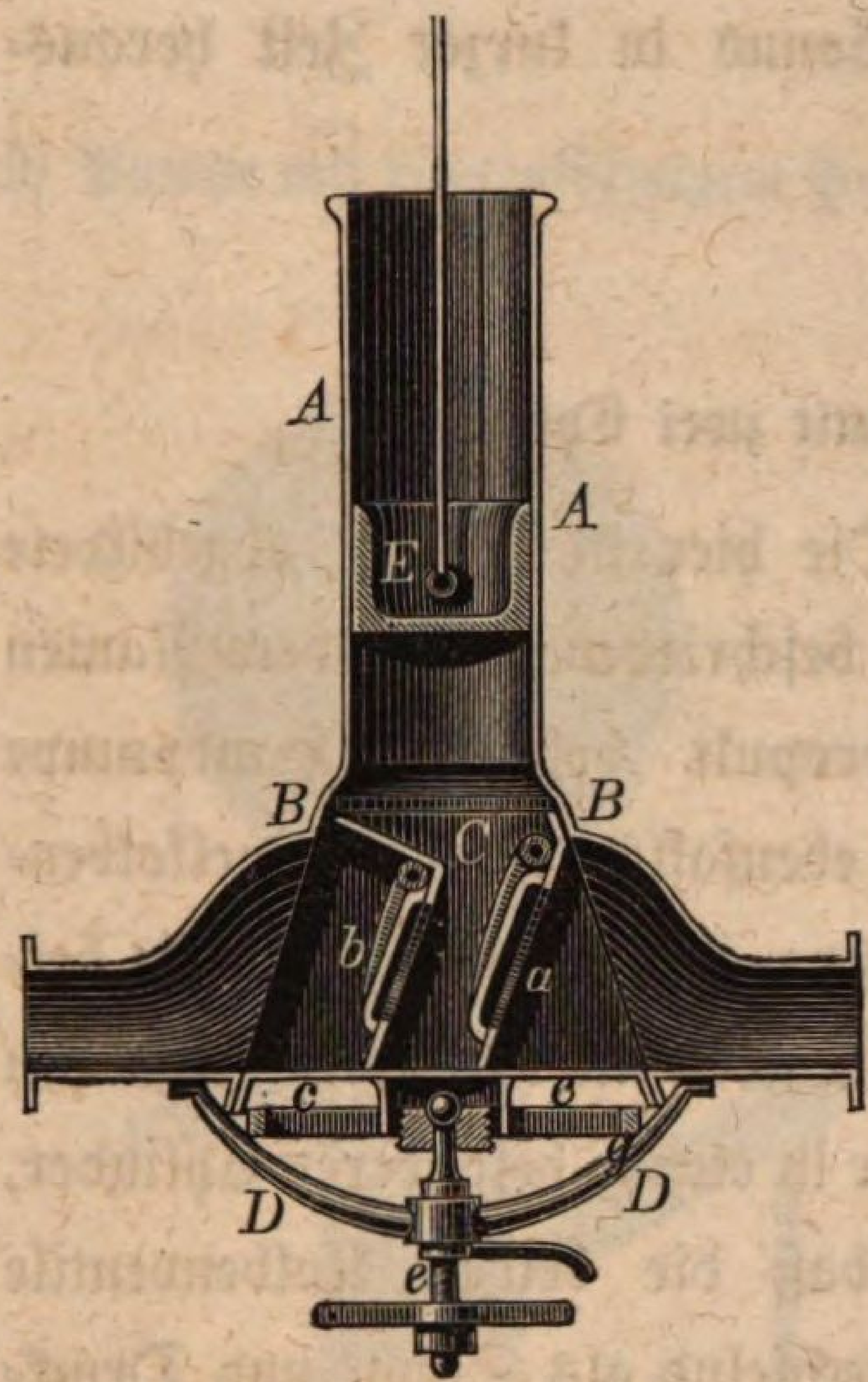



Fig. 11 a.

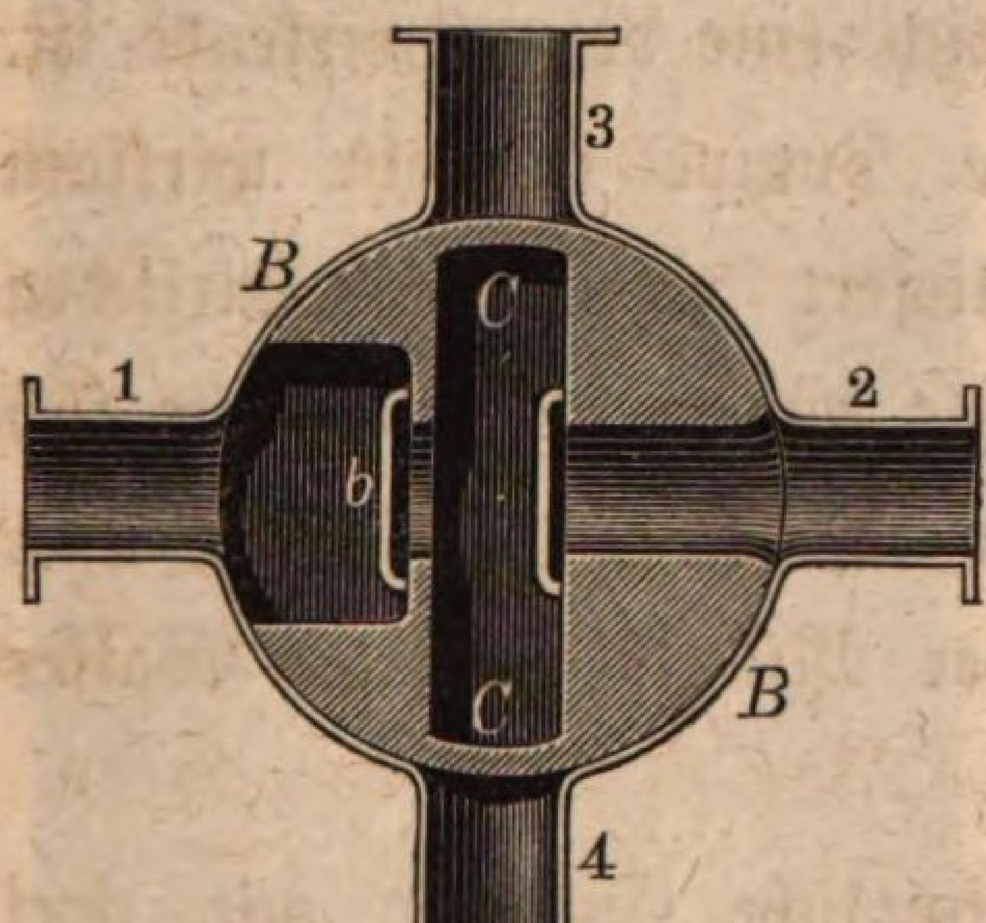



Fig. 11 b.

AA (Fig. 11 a und 11 b) ist der Pumpenkörper mit gelidertem Kolben E und ist der Pumpenkörper oben ganz offen; BB ist das conische Gehäuse, das unten ganz offen ist und vier Röhrenansätze hat. In diesem Gehäuse befindet sich ein hohler, conischer Körper CC, welcher durch Wände abgetheilt ist und zwei Klappen, nämlich a zum Saugen und b zum Drücken trägt. Ein Bügel DD ist an dem Körper BB fest angebracht, um mittels der Schraube e den drehbaren Conus C passend anzudrücken. Außerdem ist ein Zahnkranz g an C befestigt, um mittels eines Triebes den Conus C verstellen zu können. Aus dem Horizontalschnitt Fig 11 b ist eine Stellung des Conus C wahrnehmbar, in welcher bei der Bewegung des Pumpenkolbens E das Rohr 2 als Saugrohr, das Rohr 1 aber als Druckrohr dient. Wird der Conus C um 180° gedreht, so wird das Rohr 1 Saugrohr, das Rohr 2 aber Druckrohr. Durch diese leichte Verstellung des Conus ist die Operation des Verbringens der Maische von der Maischbütte nach der Pfanne und umgekehrt außerordentlich einfach. In ähnlicher Weise kann der Conus eine dritte Stellung einnehmen, so daß das Rohr 3 zum Saugen und das Rohr 4 zum Drücken dient; durch Verstellung des Conus um weitere 180° wird jetzt das Rohr 3 Druckrohr und das Rohr 4 Saugrohr. Der Bügel D ist zum bequemen

Abnehmen eingerichtet, so daß der Conus in kurzer Zeit herausgenommen werden kann.

### 8) Saug- und Hebepumpe mit zwei Cylindern.

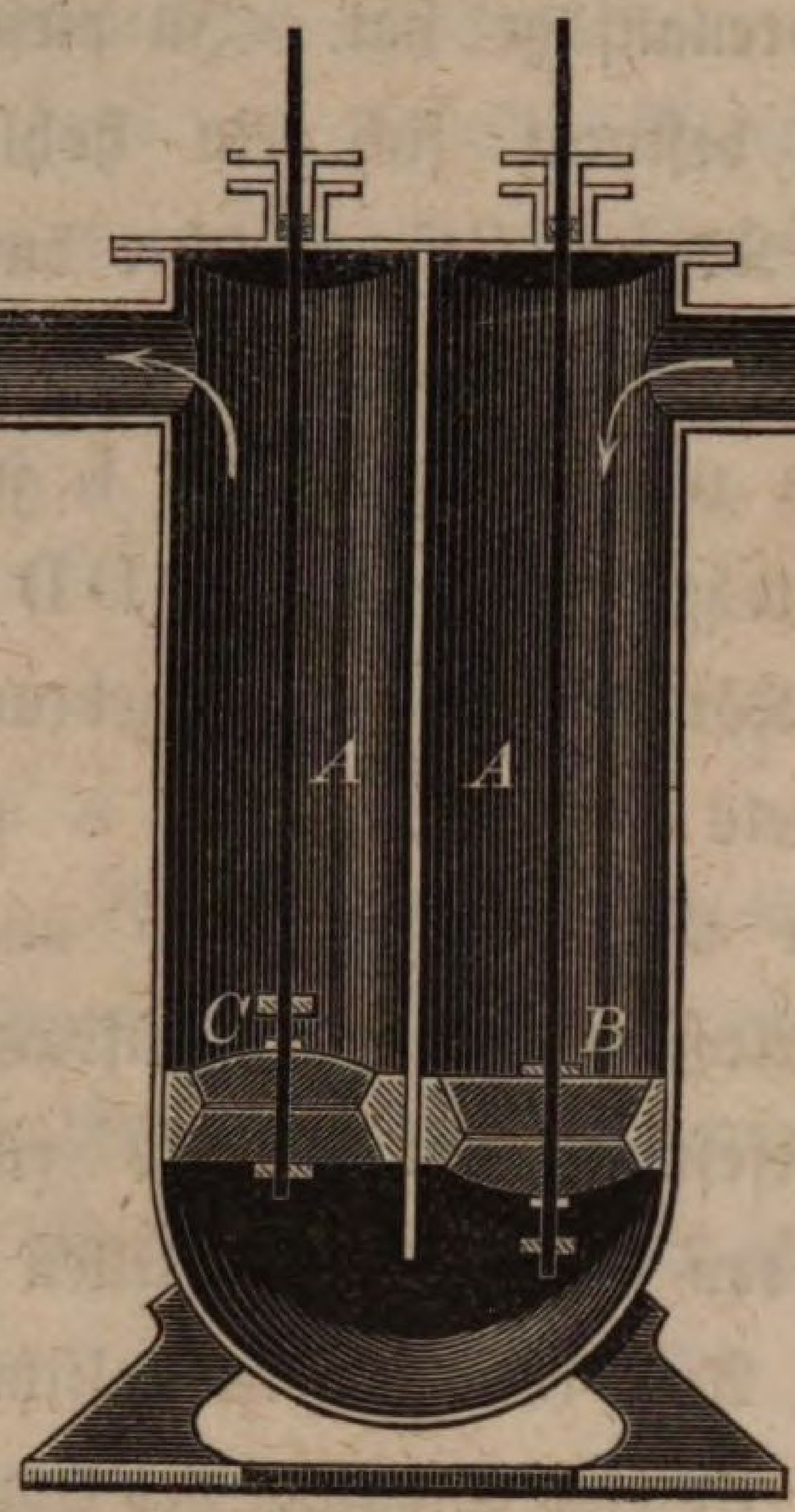


Fig. 12.

Die hier in Fig. 12 abgebildete und beschriebene, unter dem Namen Hydropult bekannte Handpumpe ist ebenfalls eine Doppelkolben-Pumpe, jedoch bewegen sich die beiden Kolben nicht in einem, sondern jeder in einem besonderen Cylinder, so daß die beiden Kolbenventile abwechselnd als Saug- und Druckventile wirken und daher die Pumpe eigentlich eine doppeltwirkende ist.

Die Pumpe ist sehr wirksam und liefert einen continuirlichen Strahl; außerdem zeichnet sie sich noch durch große Leichtigkeit aus. Eine zwei Fuß hohe Pumpe, die in der Minute 25 Liter Wasser wirft, wiegt 4 Kilogramm.

AA sind zwei nebeneinander befindliche Cylinder mit zwei Kolben BB, deren jeder mit einem Ventil CC versehen ist. Die Richtung des Wasserlaufes ist stets die durch die Pfeile angedeutete, mögen die Kolben, welche eine gemeinschaftliche Bewegung und Bewegungsrichtung haben, nach oben gezogen oder nach unten gestoßen werden.

### 9) Pumpe mit röhrenförmigem Pumpenkolben von J. H. Beattie in London.

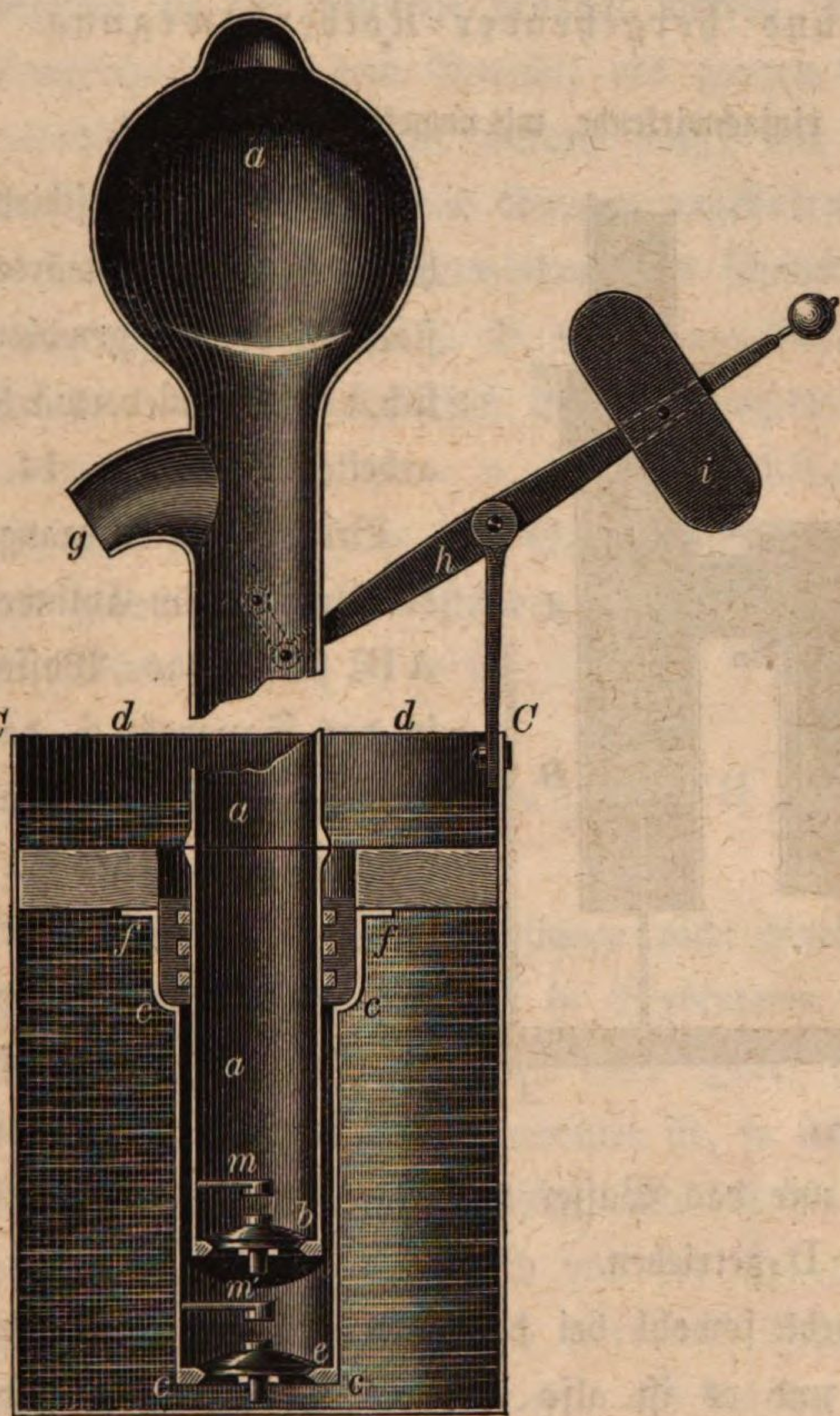



Fig. 13.

In nebenstehender Fig. 13 bezeichnet c den in der Cisterne C aufgestellten Pumpenkörper, der bis nahe an den Wasserspiegel d d reicht. Ein in das obere Ende eingesetzter Muff f ist dicht auf die röhrenförmige Stange a aufgepaßt, welche in dem Pumpenkörper c sich vertikal auf und ab bewegt. Diese Stange a hat unten ein Ventil b, welches sich beim Niedergange für den Eintritt des Wassers öffnet. Das Ventil e am Boden des Pumpenkörpers wirkt umgekehrt; es öffnet sich beim Aufgange der röhrenförmigen Stange a und schließt sich bei deren Niedergang. Durch die Widerhalte m und m' wird der Hub der beiden Ventile begrenzt. g ist das Aufgußrohr, h der Schwengel, der mit einem Laufgewichte zur Ausgleichung des Kolbengewichtes versehen ist.

## B. Saug- und Druckpumpen.

### a Mit hin- und hergehender Kolbenbewegung.

#### 1) Druckpumpe, einfachwirkende, mit umgekehrtem Cylinder.

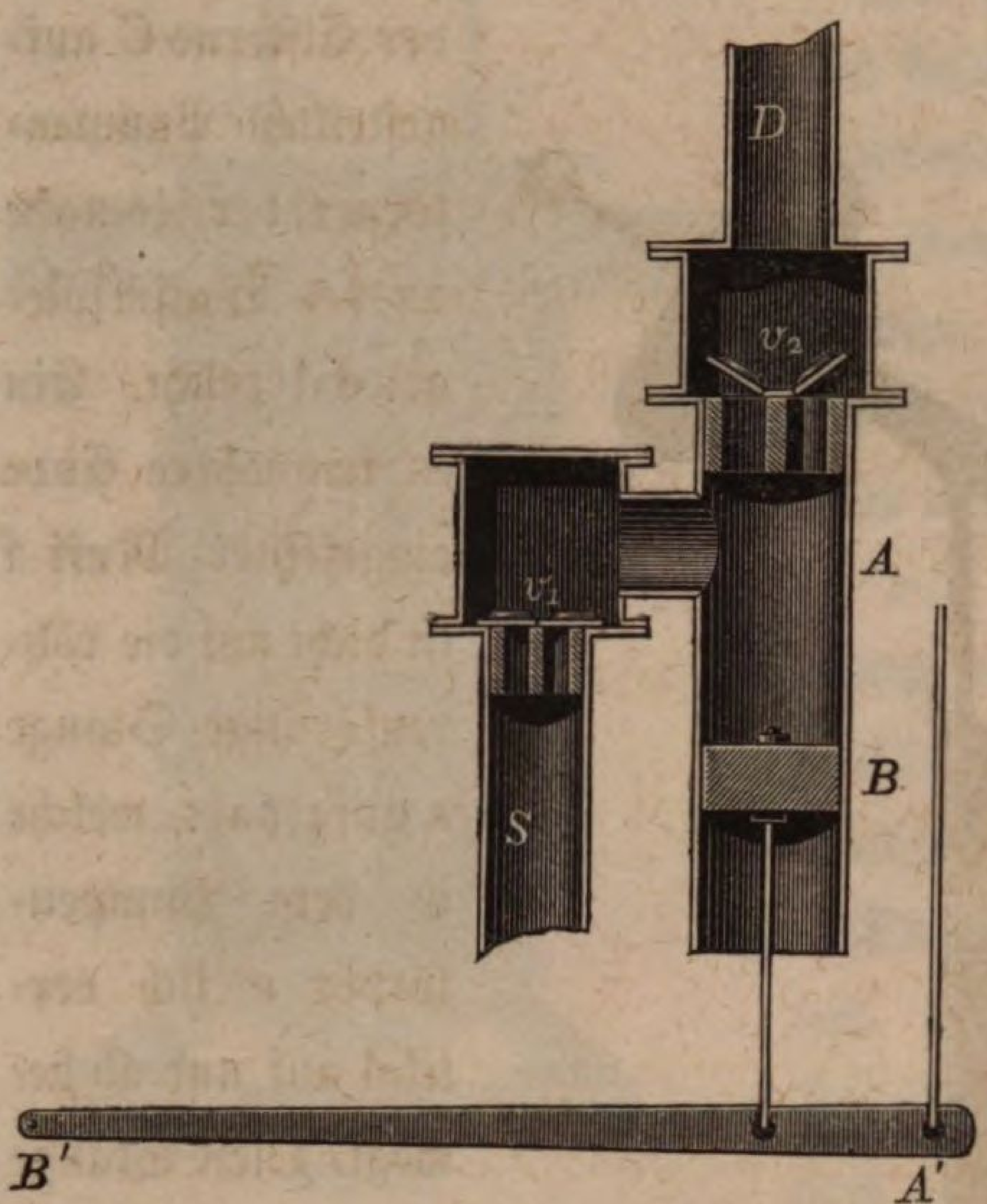


Fig. 14.

Der Druckkolben schiebt hier von unten aufwärts, statt daß er, wie gewöhnlich, von oben niederwärts arbeitet; siehe Fig. 14.

Bei dem Niedergange des Kolbens im Cylinder AB steigt das Wasser in das Saugrohr S, das Ventil $v_1$ öffnet sich und der Pumpencylinder wird mit Wasser gefüllt. Wird nun der Kolben wieder aufwärts geschoben, so schließt sich das Ventil über dem Saugrohr und das Wasser wird durch das obere Ventil $v_2$ in das Steigrohr D getrieben.

Diese Pumpe hebt sowohl bei dem Auf- als auch bei dem Niedergange Wasser und es ist also ihre Wirkung zwischen beide Bewegungen vertheilt, während bei einer Saug- und Hebepumpe beides, das Saugen und Anheben, zu gleicher Zeit während des Kolbenaufganges geschieht und beim Niedergange des Kolbens keine eigentliche Wirkung stattfindet. Für Schachtpumpen mit langen Gestängen erreicht man durch diese Einrichtung der Druckpumpe noch den Vortheil, daß das Schachtgestänge nicht so angegriffen wird als bei den gewöhnlich gebräuchlichen Saug- und Hebepumpen,

wo die Summe aller Wassersäulen zugleich auf einmal gehoben werden muß. Hiebei ist indessen zu berücksichtigen, daß, wenn bei einer großen Tiefe des Schachtes mehrere dergleichen Pumpensätze übereinander an ein Gestänge gehängt werden, die saigere Länge der Saugröhren nach dem Gewichte des ganzen Gestänges mit allem Zubehör derart bestimmt werden muß, daß dieses Gewicht über die Summe der durch das Saugen angehobenen Wassersäulen noch einen Ueberschuß zur Ueberwindung der sämmtlichen Reibungswiderstände ergiebt. Es sei z. B. das ganze Gestänggewicht mit allem Zubehör = G in Kubikfuß Wasser ausgedrückt; die Anzahl der daran gehängten Sätze = n, die saigere Länge eines jeden Saugrohres = L, die Höhe der Wassersäule, welche den mechanischen und hydraulischen Widerständen das Gleichgewicht hält = H und die Kolbenfläche = F, so ist

$$L < \frac{G}{F \cdot n} - H$$

Bringt man die Kolbenstange nicht direkt mit dem Pumpengestänge einer Schachtpumpe in Verbindung, sondern wendet zur Vermittlung dieser Verbindung einen Hebel (Schwinge) an, wie es in der Skizze Fig. 14 angedeutet ist, so erhält die Kolbenstange dadurch eine sanfte, regelmäßige und bei hinreichender Länge des Hebels A′B′ ganz unmerklich von der Axe des Pumpencylinders abweichende Bewegung. Auch wird das Gestänge bei dieser Einrichtung viel weniger angegriffen als bei der Verbindung mittels Stangenhacken oder Krummeisen. Durch diese Hebelverbindung ist es ferner leicht, und in Rücksicht auf Kraft und Wirkung ganz gleichgiltig, dem Kolben einen größeren Hub zu geben, als jener ist, welchen das Schachtgestänge macht; man darf nämlich nur die Kolbenstange am äußersten Ende dieses Hebels, die Schachtgestänge dagegen einwärts von der Pumpe, etwas näher der Drehaxe des Hebels, aufhängen.

Der Einwand, daß bei Anwendung eines solchen Hebels die Größe der Kolbenhübe vermindert wird, wenn man die Kolbenstange nicht an dem Ende des Hebels bei A aufhängt, ist nicht stichhaltig; denn wenn auch dadurch der Kolbenhub kleiner wird als der des Gestänges, so wird doch auch wegen des vergrößerten statischen Moments die näher an den Drehpunkt des Hebels gebrachte Last um so viel größer und mithin kann der Pumpencylinder um so viel weiter werden, so daß mit demselben Hube des Gestänges und derselben Kraft doch dieselbe Wassermenge bei jedem Hube gefördert wird.

### 2) Einfachwirkende Druckpumpe als Gartenpumpe.

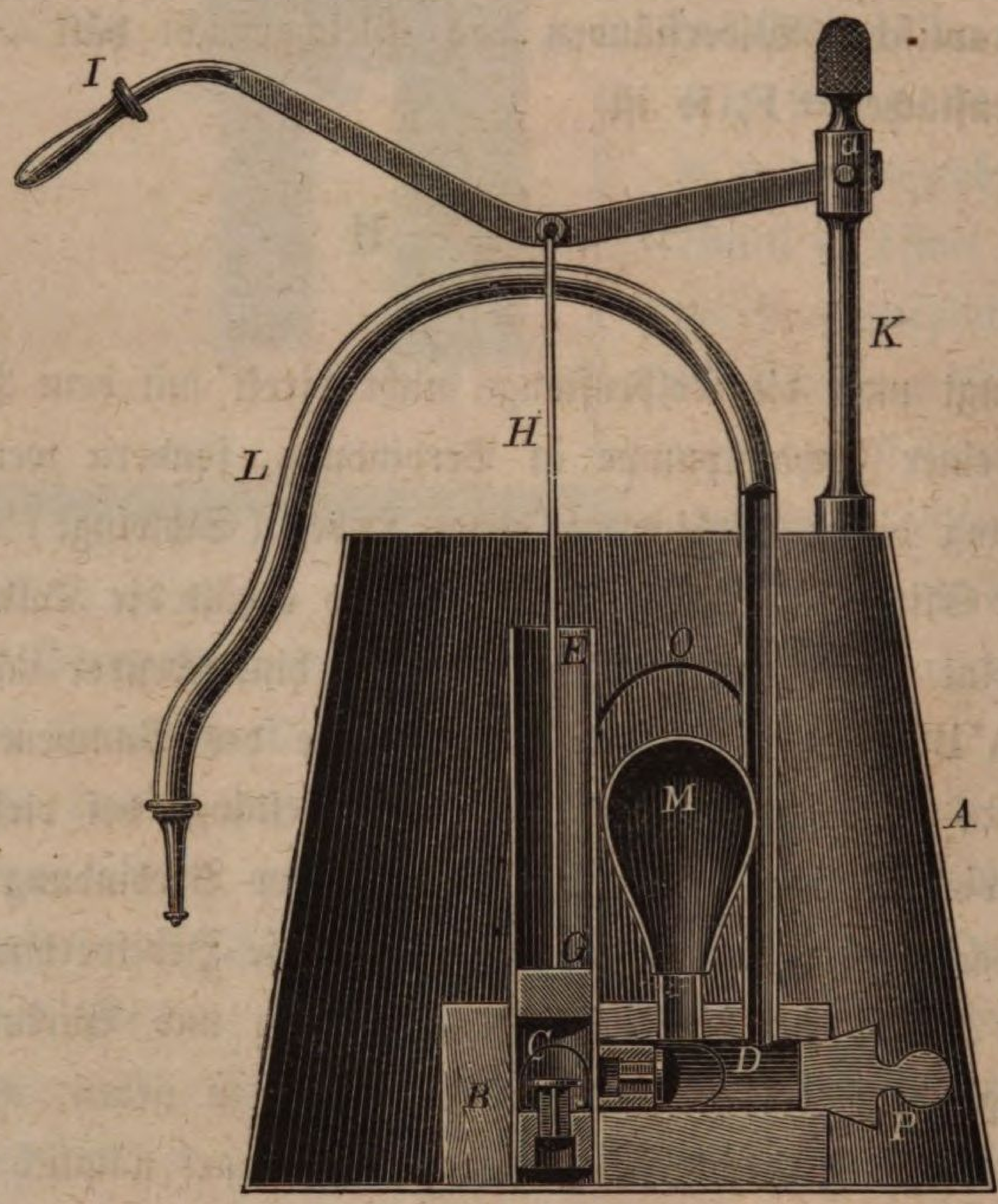



Fig. 15.

A ist ein hölzerner Ständer, B ein am Boden desselben befestigter Holzblock, C und D sind Ventile in den Wasserwegen,

die durch den Holzblock B führen, E ist ein an den Block B befestigter Pumpencylinder, G der Pumpenkolben, H die Kolbenstange, I der Schwengel der Kolbenstange, a der Drehbolzen des Schwengels, L ein mit dem Wasserweg in Verbindung stehendes Metallrohr mit dem Schlauch L′, M ein Windkessel aus Kautschuck, O ein Metallschirm, welcher die Ausdehnung des Windkessels begrenzt; P ein hölzerner Pfropf, um nach Entfernung desselben zu dem Druckventile gelangen zu können.

### 3) Pumpen für Dampfschiffe.

Es kommt wohl nirgends mehr darauf an, alles so solid und möglichst compendiös herzustellen, wie auf Schiffen, und besonders auf Seeschiffen. Das Schadhaftwerden einzelner Theile kann von der größten Gefahr für Schiff und Mannschaft werden; vorkommende Reparaturen müssen meist mit Bordmitteln, d. h. mit wenig geübten Arbeitern ohne Werkzeug- oder Hilfsmaschinen und nur mit wenigen und den unentbehrlichsten Werkzeugen ausgeführt werden. Die Räume des Schiffes reichen kaum aus, die Mannschaft, Geräthe und Vorräthe aufzunehmen.

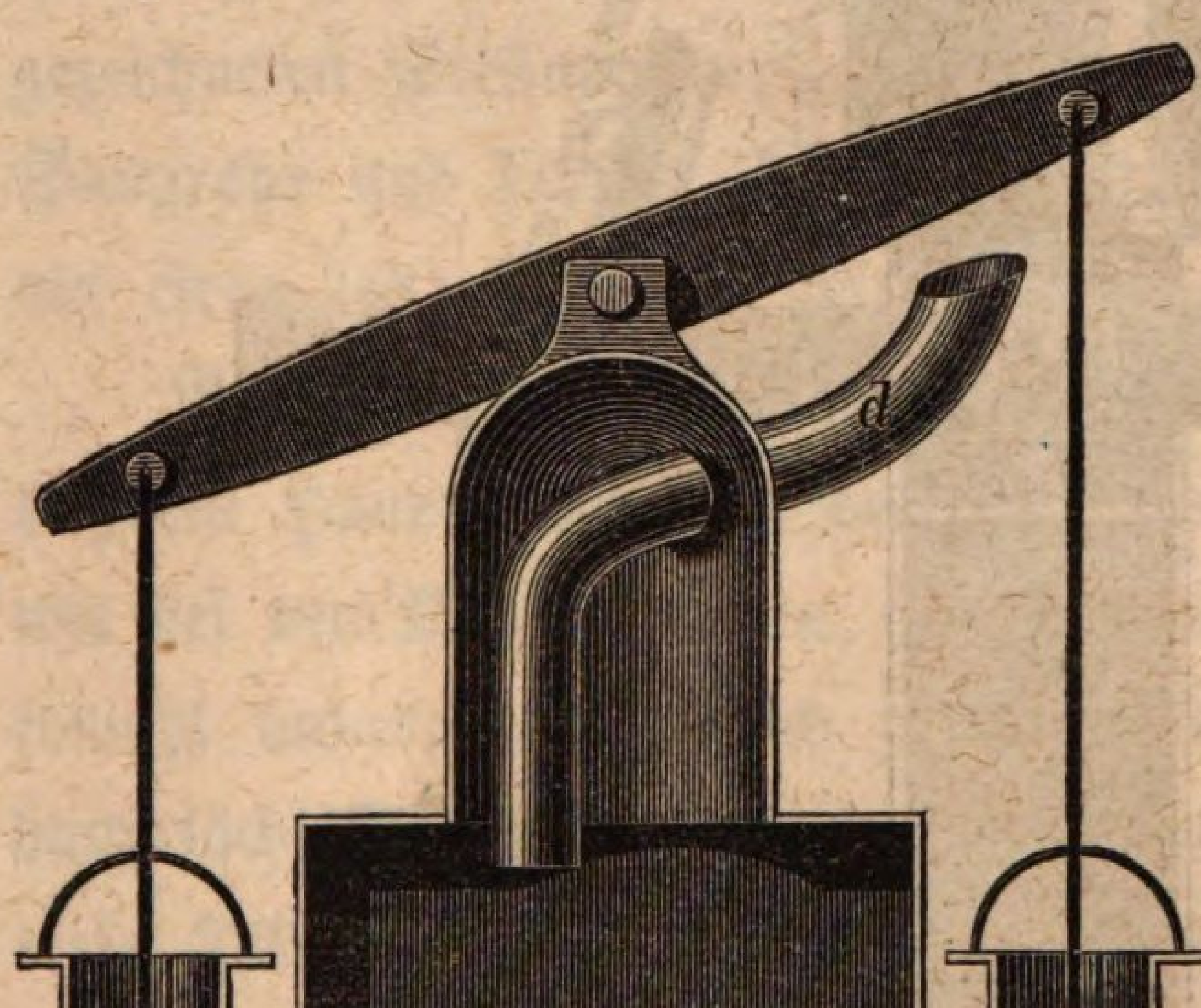



Fig. 16.

Einige vielfach angewendete Construktionen von Schiffspumpen sind nachfolgend abgebildet und beschrieben.

## Schiffspumpe.

Die vorstehend verzeichnete Pumpe findet sich namentlich häufig auf Raddampfern und dient zum Füllen und Endleeren der Kessel, als Soodpumpe, zum Pumpen von Seewasser auf Deck und als Feuerspritze.

In Fig. 16 ist A Saugrohr, B Druckrohr; durch Drehung des Hahnes C um 90° wird A Druck- und B Saugrohr.

Diese Pumpe kann sowohl als Maschinenkraft als auch durch Menschenhände in Bewegung gesetzt werden. In letzterem Falle wird der Balancier auf beiden Seiten zu einem Druckhebel verlängert.

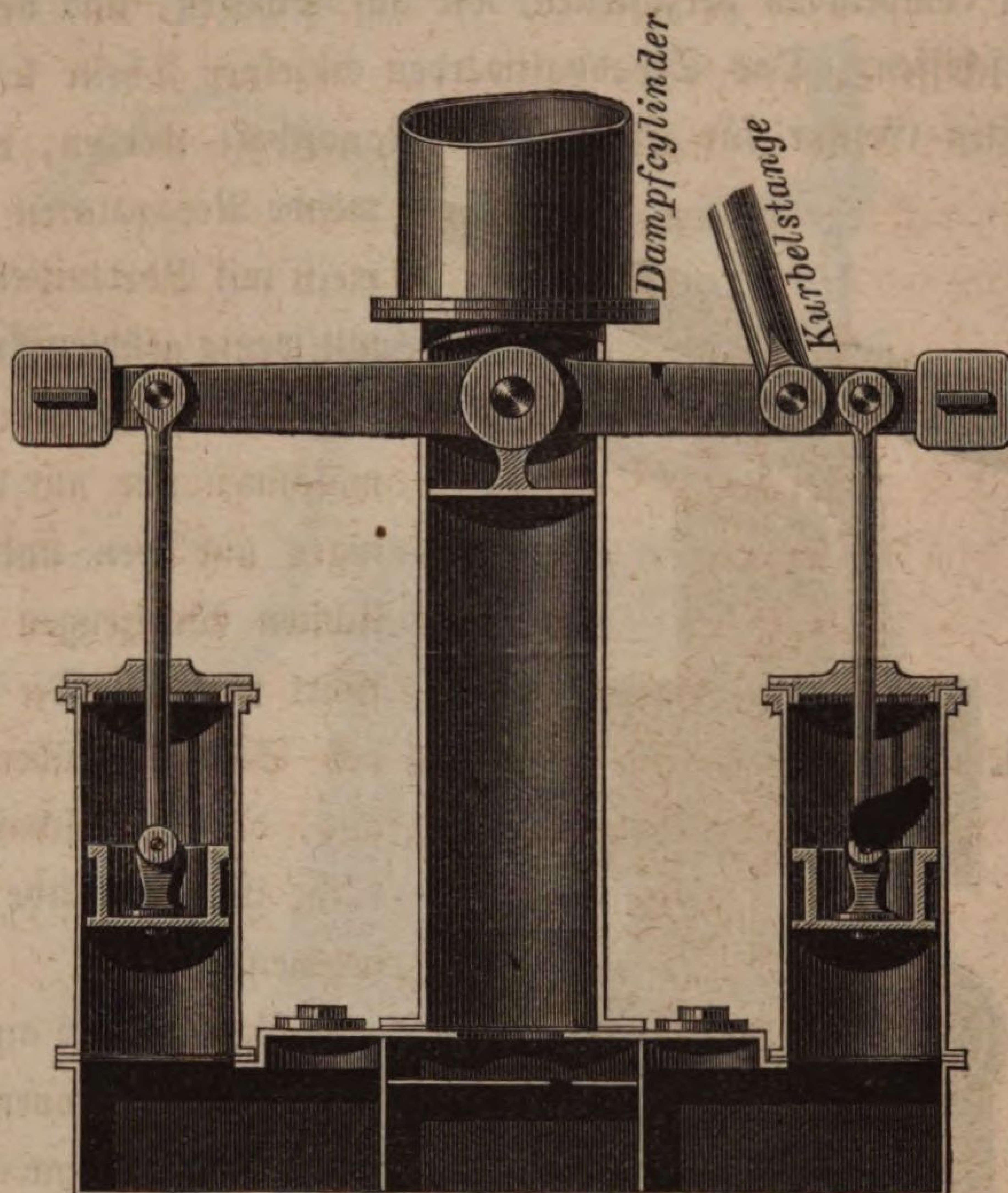



Fig. 17.

Die Säule in Fig. 17, auf welcher der Dampfcylinder der Pumpe steht, dient gleichzeitig als Windkessel und als Unterstützung

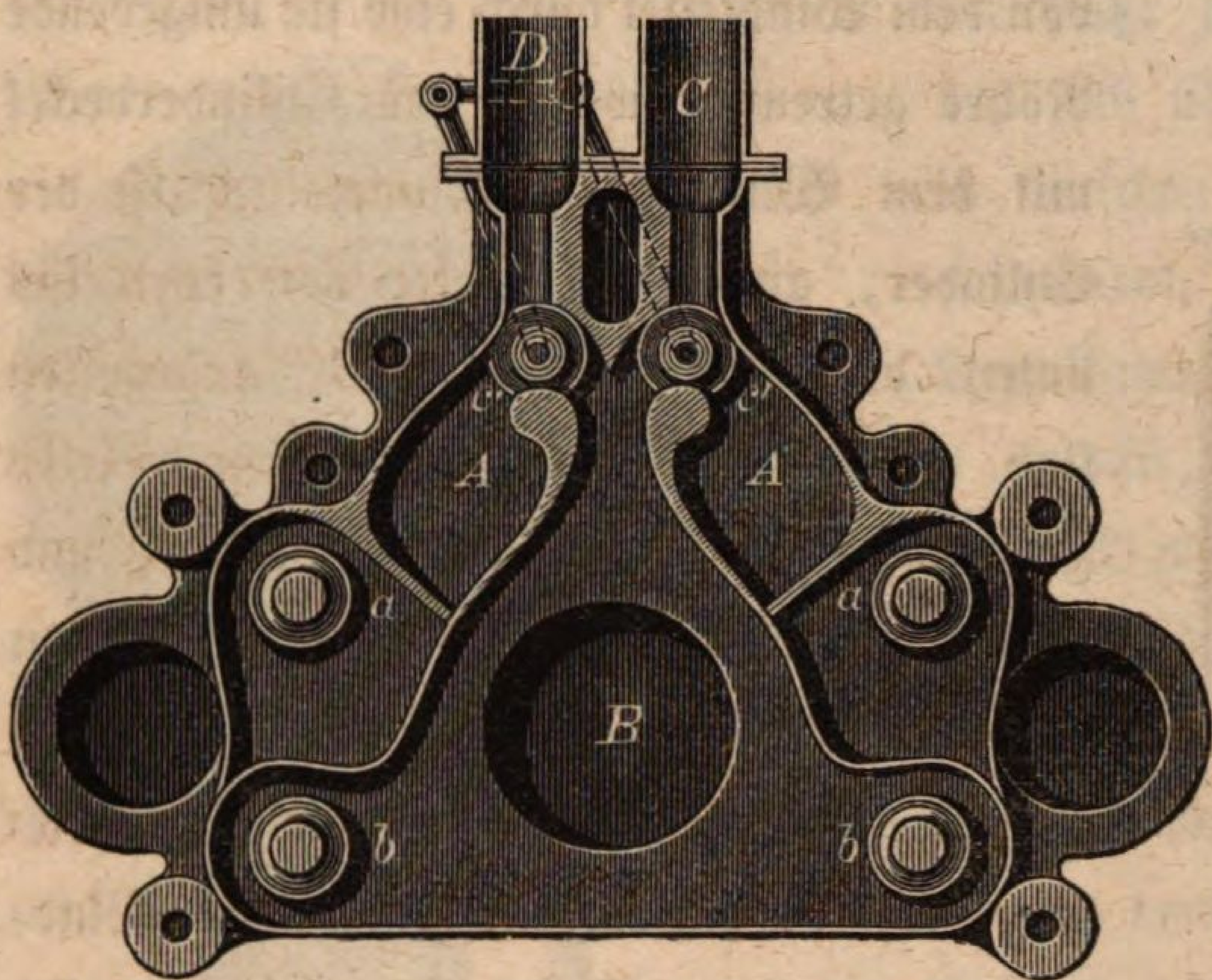



Fig. 18.

des Balancier. Die Pumpe kann gleichzeitig als Handpumpe, wie auch nach Loskeilung der Kurbelstange zum Handbetriebe dienen, in welchem Falle auf die Enden des PumpenbalancierVerlängerungsstangen aufgesteckt werden. Die Saugventile a a stehen mit der Kammer A A in Verbindung, die Druckventile b b mit B, so daß bei der im Grundriß gezeichneten Stellung der gekuppelten Hähne c'c' das Rohr C das Saugrohr und D das Druckrohr ist. Verdreht man diese Hähne um circa 120 Grad, so wird C Druckrohr und D Saugrohr.

Man sieht aus der Einrichtung dieser beiden Schiffspumpen, daß ein Haupterforderniß derselben darin besteht, daß sie, ähnlich wie bei den Maischpumpen, das Wasser in verschiedenen Richtungen sowohl ansaugen als auch drücken können und wird dieser Zweck hauptsächlich durch mehrfach gebohrte Hähne erreicht. Je nachdem diese Hähne gestellt werden, kann die Pumpe zum Kesselspeisen, zum Fördern von Reinigungswasser auf Deck oder auch als Feuerspritze dienen.

#### 4) Doppeltwirkende Pumpen von Dodge.

Der Windkessel in Fig. 19 liegt direkt über dem Cylinder, die Kolbenstange geht durch ihn, sowie durch eine Stopfbüchse in seinem oberen Theil; um das Entweichen von Luft durch die Stopfbüchse E zu verhindern, wird die Kolbenstange und ihre Stopfbüchse

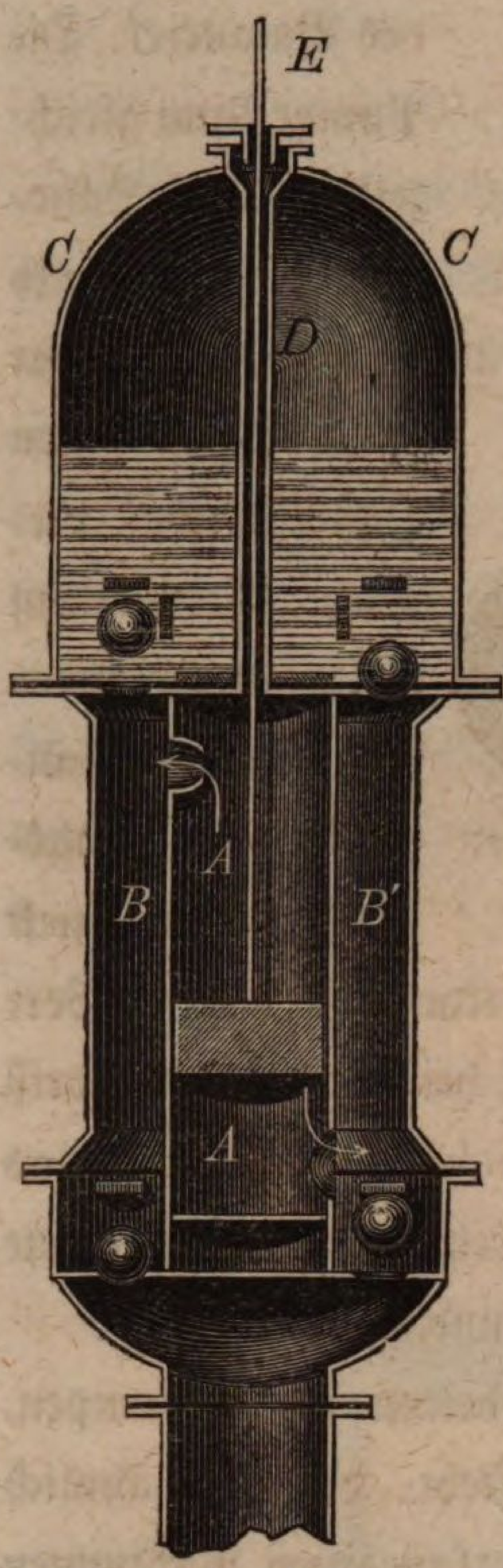


Fig. 19.

von dem Windkessel durch eine sie umgebende Röhre getrennt, welche den Cylinderdeckel mit dem Windkessel verbindet. A ist der Cylinder, an dessen Seite von oben bis unten die Wassercanäle BB′ angegossen sind. Um diese Canäle geht oben dieselbe Flantsche, die den Cylinder umgiebt, und der ganze Obertheil ist eben abgedreht, um die oberen Ventilsitze und die Fläche zur Verbindung mit dem Cylinderdeckel zu bilden. Der Cylinderdeckel mit dem Windkessel aus einem Stück gegossen hat eine Flantsche, die mit der des Cylinders verbolzt wird. Eine andere verbesserte Pumpe von Dodge ist folgende:

### 6) Verbesserte doppeltwirkende Pumpe von Dodge.

Die Eigenthümlichkeit vorstehender Pumpe besteht zunächst in einer neuen Construktion und Anordnung der Saugventilkammer und der Ventilsitze an doppeltwirkenden Pumpen.

Der Pumpencylinder A (Fig. 20) ist mit zwei einander diametral gegenüberliegenden Wasserwegen D und F versehen. Die obere Flantsche F′ des Pumpencylinders dient zur Befestigung des Windkessels H und die untere A′ zum Aufschrauben auf die Sohlplatte S und die an die Sohlplatte angegossene Saugventilkammer S′. Die Saugventilkammer ist durch eine Scheidewand in zwei Abheilungen getheilt, von denen jede ein Ventil c und d enthält;

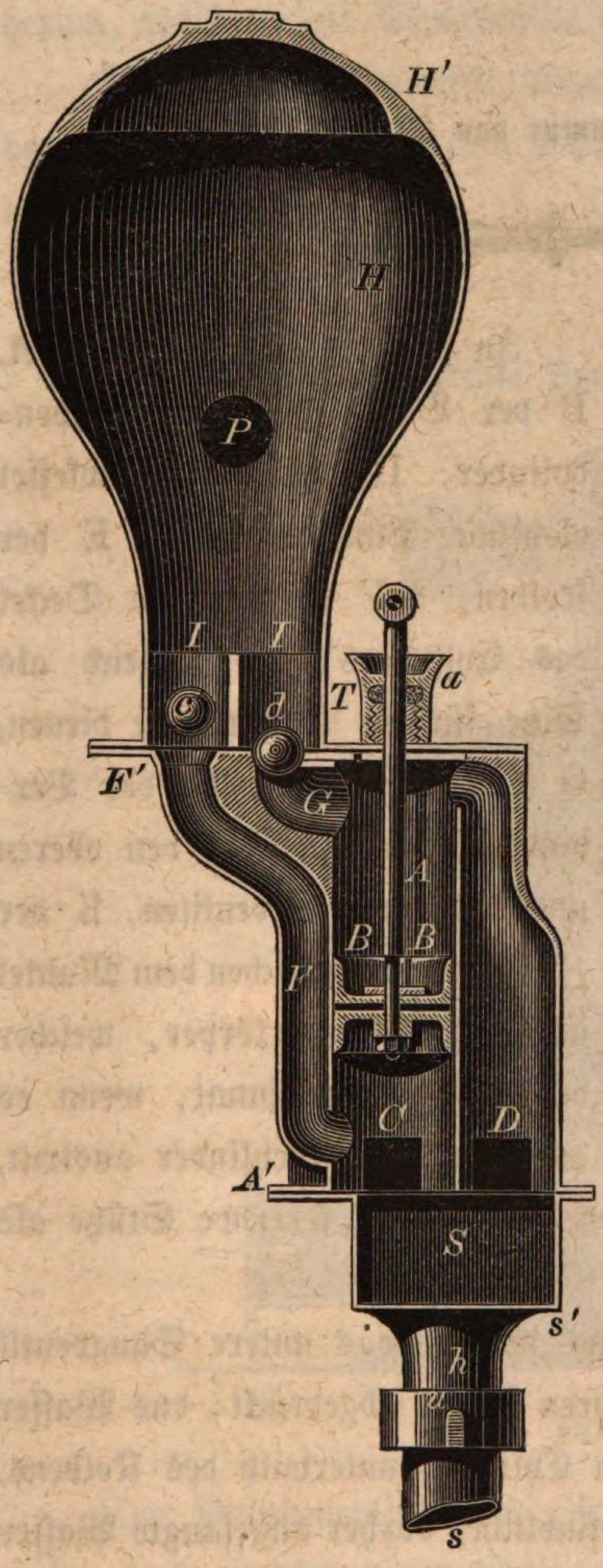


Fig. 20.

die Sitze dieser Ventile befinden sich über einem Raum h, in welchen das Saugrohr s einmündet. Die Abtheilung der Ventilkammer, welche das Ventil c enthält, steht durch einen Kanal C mit dem unteren Theile des Cylinders in Verbindung und die, welche das Ventil d enthält, durch den Wasserweg D mit dem oberen Theile des Cylinders. Die Mündungen der Wasserwege F und G, von denen der erstere aus dem unteren und der letztere aus dem oberen Theile des Cylinders einmündet, sind mit Steigventilen c′ und d′ überdeckt, welche in den durch die Scheidewand t von einander getrennten beiden Abtheilungen der Steig-Ventilkammer T liegen. Das Steigrohr P ist an einem Rohrstutzen des Windkessels H befestigt. Der Windkessel hat einen aufgeschraubten Deckel, nach dessen Entfernung die Steigventile sofort zugänglich sind.

### 7) Doppeltwirkende Pumpe von St. Holmann.

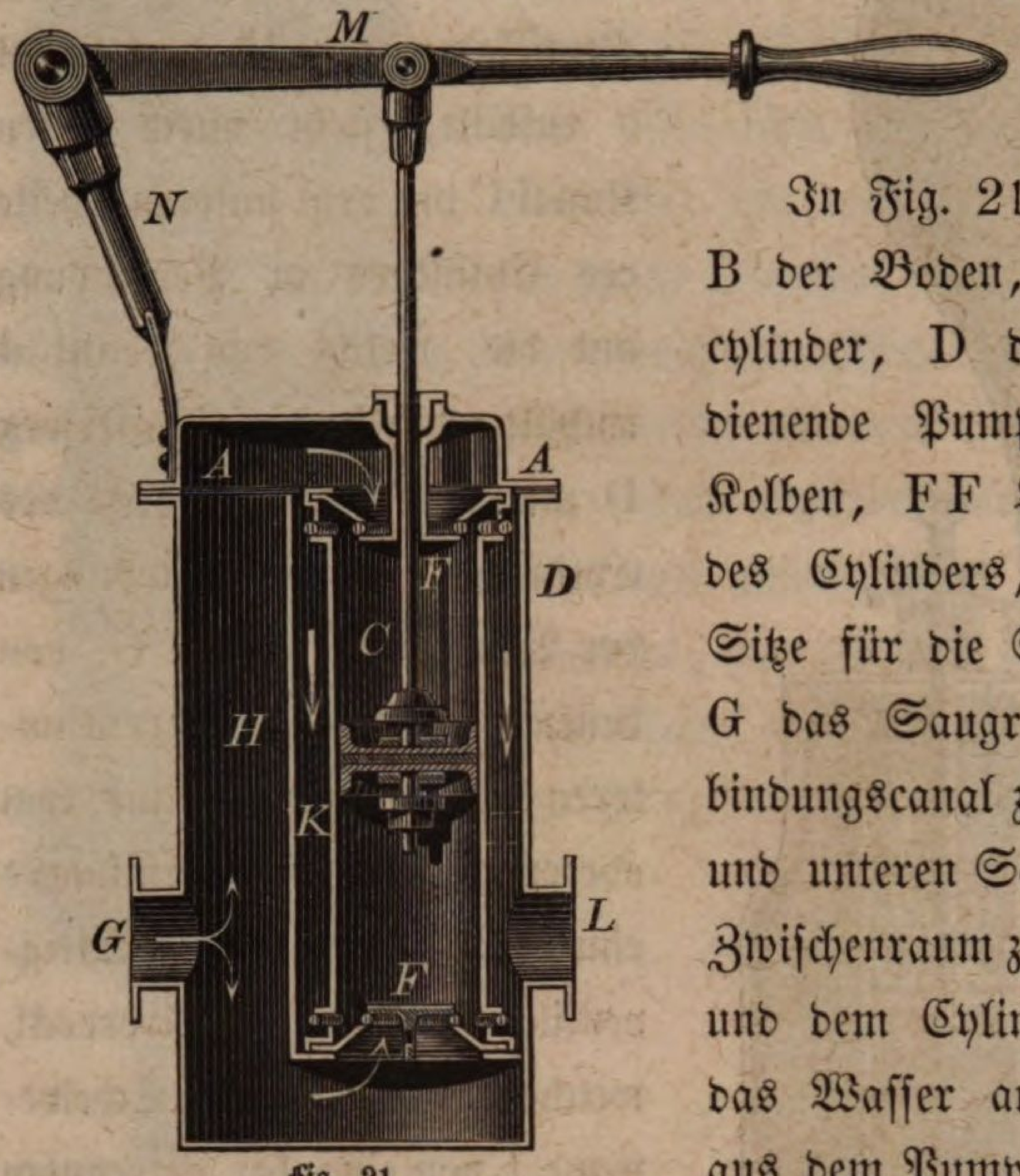


Fig. 21.

In Fig. 21 ist A der Deckel, B der Boden, C der Pumpencylinder, D der als Windkessel dienende Pumpenmantel, E der Kolben, FF Boden und Deckel des Cylinders, die zugleich als Sitze für die Saugventile dienen, G das Saugrohr, H der Verbindungscanal zwischen den oberen und unteren Saugventilen, K der Zwischenraum zwischen dem Mantel und dem Cylinderkörper, welcher das Wasser aufnimmt, wenn es aus dem Pumpencylinder austritt, L das Druckrohr, M der Handhebel, N eine federnde Stütze als dritte Gelenkführung.

Beim Aufgange des Kolbens werden das untere Saugventil und das obere Druckventil von ihren Sitzen abgedrückt; das Wasser tritt aus dem Saugrohr in den Cylinder unterhalb des Kolbens, während das über dem Kolben befindliche, vorher angesaugte Wasser zugleich durch das obere Druckventil in den Windkessel abgegeben wird. Beim Niedergange des Kolbens bewegt sich das Wasser in entgegengesetzter Richtung. Vermöge ihrer Elasticität schließen und öffnen sich die Ventile sehr rasch und es wird daher durch den Rohrstutz L ein continuirlicher Wasserstrahl abgegeben.

Die Ventile bestehen aus Kautschuk und es liegen die Steig=

ventile oben und unten rings um die Außenfläche des Cylinders herum, während die Saugventile innen angebracht sind.

Die hier angewendeten Ventile, sogenannte Saugventile mit doppeltem Sitze, sind in dem Kapitel, das speciell von den Ventilen handelt, näher beschrieben.

### 8) Doppeltwirkende Pumpe von Champonnois.

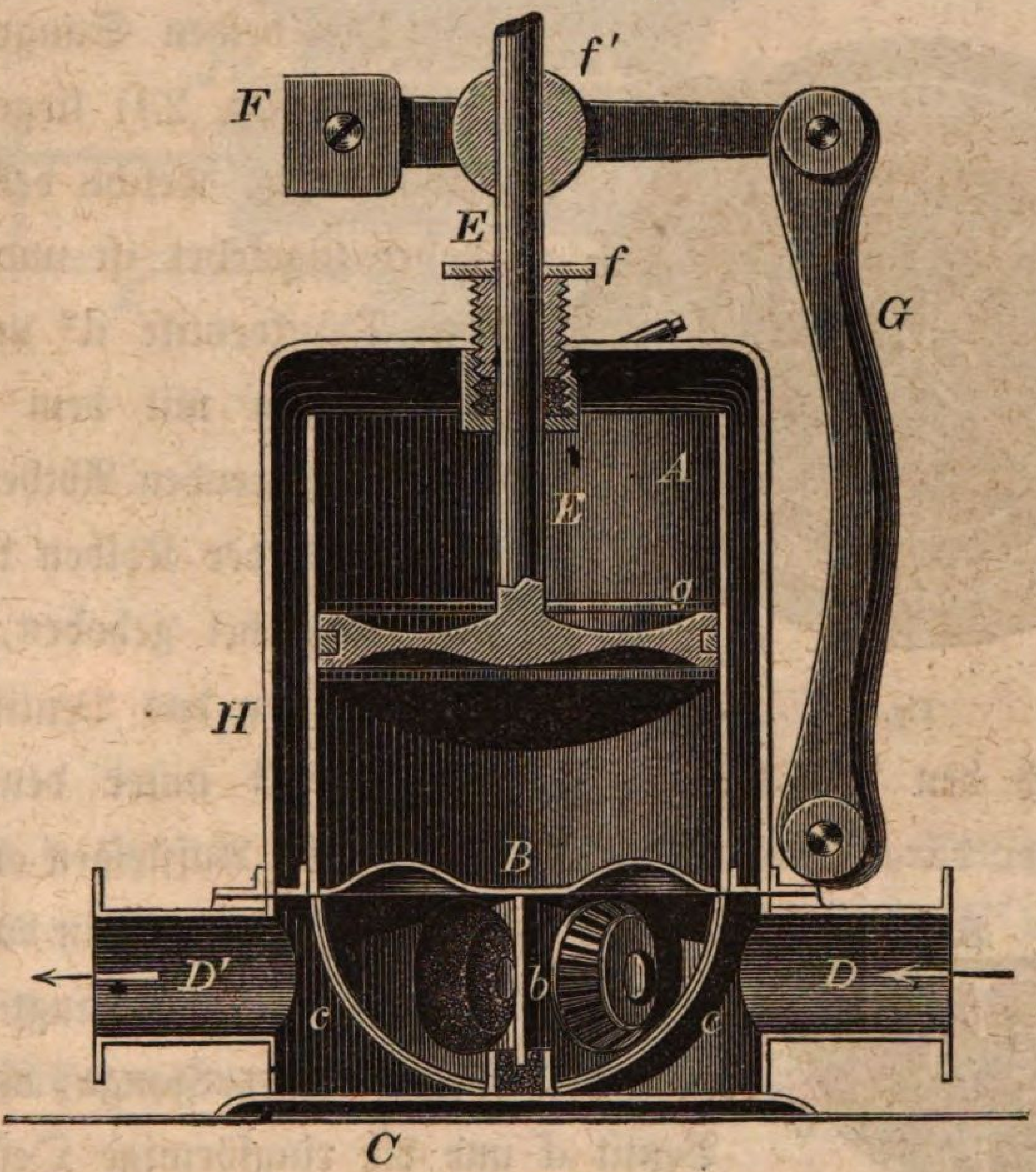



Fig. 22.

Der Pumpencylinder A (Fig. 22) besteht in einem Messingrohr, das an dem einen Ende offen und an dem anderen durch eine messingne Scheibe B geschlossen ist. An die letztere sind 4 als Scheidewände dienende Rippen b angegossen, welche sich rechtwinklig schneiden und von denen eine jede mit einem konischen Korbe versehen ist, der die Stelle eines Ventilsitzes vertritt. Diese Scheidewände sind halbkreisförmig gestaltet und haben zugeschärfte Kanten,

mit denen sie in Lederstulpe eingedichtet sind. Zu diesem Zwecke sind an dem Sockel C vier ausgehöhlte Rippen c angegossen, die in ihrer Lage und Gestalt mit den vier Scheidewänden b correspondiren. Von den vier Abtheilungen, welche hiedurch entstehen, communiciren je zwei gegenüberliegende mit dem Saugrohr D und mit dem Druckrohr D'; die beiden anderen dagegen vermitteln die Verbindung mit dem Pumpencylinder, die eine mit dem Raume über dem Kolben, die andere mit dem Raume unter dem Kolben.

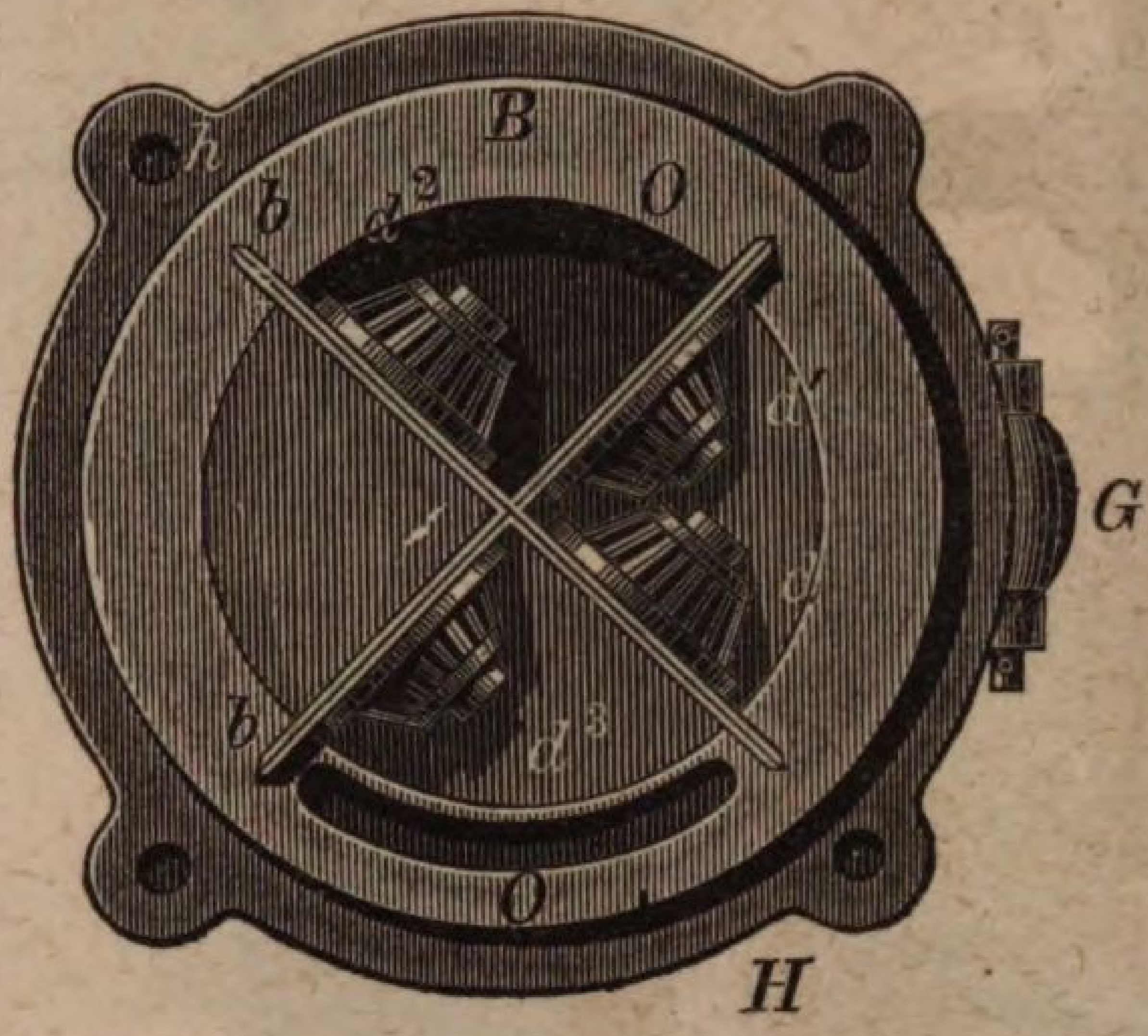


Fig. 23.

Die beiden Saugventile d und d' (Fig. 23) liegen in der Abtheilung, welche dem Saugrohre zugekehrt ist und die beiden Druckventile d² und d³ in den beiden mit dem Cylinder communicirenden Abtheilungen.

Wird der Kolben durch den Betriebshebel gehoben, so hebt das Wasser das Ventil d' und tritt durch den Ausschnitt O des Bodens B unter den Kolben. Geht dieser darauf nieder, so wird das beim Aufsteigen angesaugte

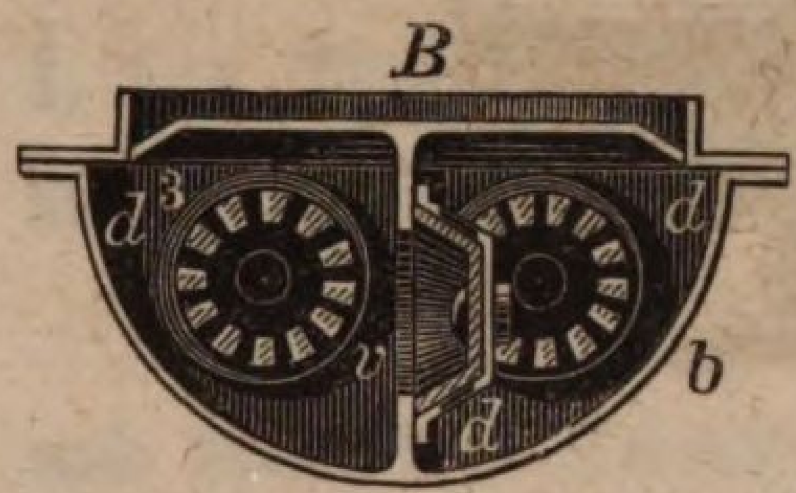


Fig. 24.

Wasser durch das Ventil d² in das Steigrohr gedrückt; zugleich aber saugt der Kolben bei seinem Niedergange durch das Ventil d und die ringförmige Oeffnung O' Wasser nach, das bei dem darauffolgenden Aufsteigen des Kolbens durch das Ventil d³ in das Steigrohr gedrückt wird.

## 9) California-Pumpe von Hansbrow.

Die Platte B (Fig. 25) trägt einen starken Stift C, um den sich der doppelte Winkelhebel aa', b dreht, dessen Schenkel aa' durch eingesteckte Hebel beliebig verlängert werden können. An dem

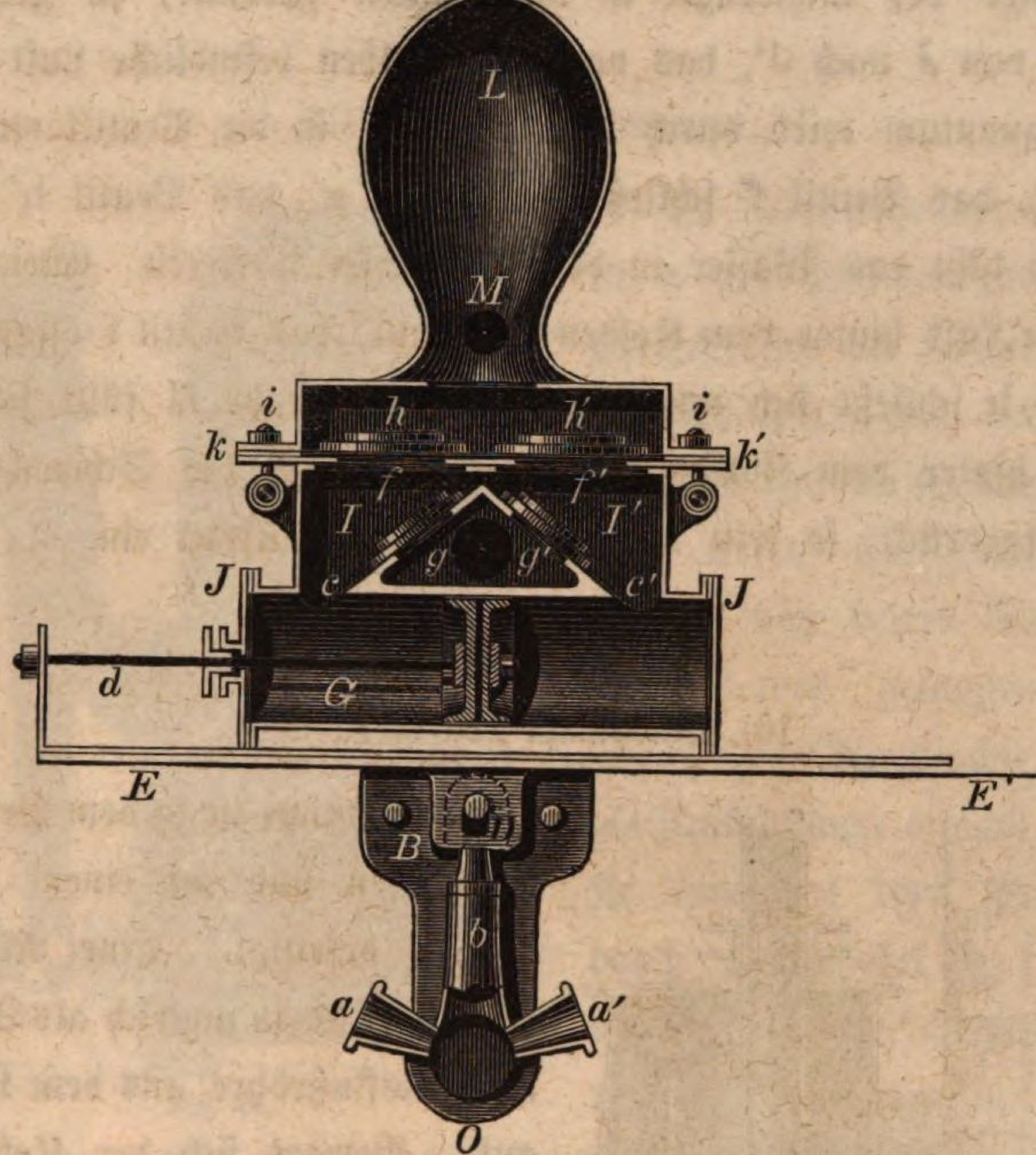



Fig. 25.

Schenkel b sitzt der Stift D, der sich in einem Schlitze des Ansatzes bewegt, welcher sich unterhalb der Schubstange EE' befindet und somit den auf die Schenkel aa' ausgeübten senkrechten Druck auf die in Führungskraggen horizontal geleitete Schubstange EE' überträgt.

Auf der Schubstange EE' sitzt der Ansatz d, in welchem die Kolbenstange G befestigt ist. Der Pumpencylinder JJ' ist mit dem Ventilkasten II' aus einem Stück gegossen.

Zwei Kanäle cc' führen aus dem Cylinder in den zweitheiligen Ventilkasten, außerdem mündet das Saugrohr H in die Saugkammer des Ventilkastens, deren beide Kanäle gg' mittels der ff' geschlossen sind, während die zum Windkessel L führenden Kanäle durch die Ventile hh' abgesperrt sind.

Wird der Schwengel a′ nach unten gedrückt, so geht der Kolben von J nach J′, das vor dem Kolben befindliche Luft- oder Wasserquantum wird durch den Kanal c′ in die Ventilkammer I′ gedrückt, das Ventil f′ schließt den Kanal g′, das Ventil h′ öffnet sich und läßt das Wasser in den Windkessel L treten. Gleichzeitig wird die Luft hinter dem Kolben verdünnt, das Ventil f öffnet sich, das bei h schließt sich und durch das Saugrohr H füllt sich der Raum hinter dem Kolben mit Wasser. Wird der Schwengel bei a niedergedrückt, so tritt das umgekehrte Ventilspiel ein.

### 10) Ohiopumpe von Reynold.

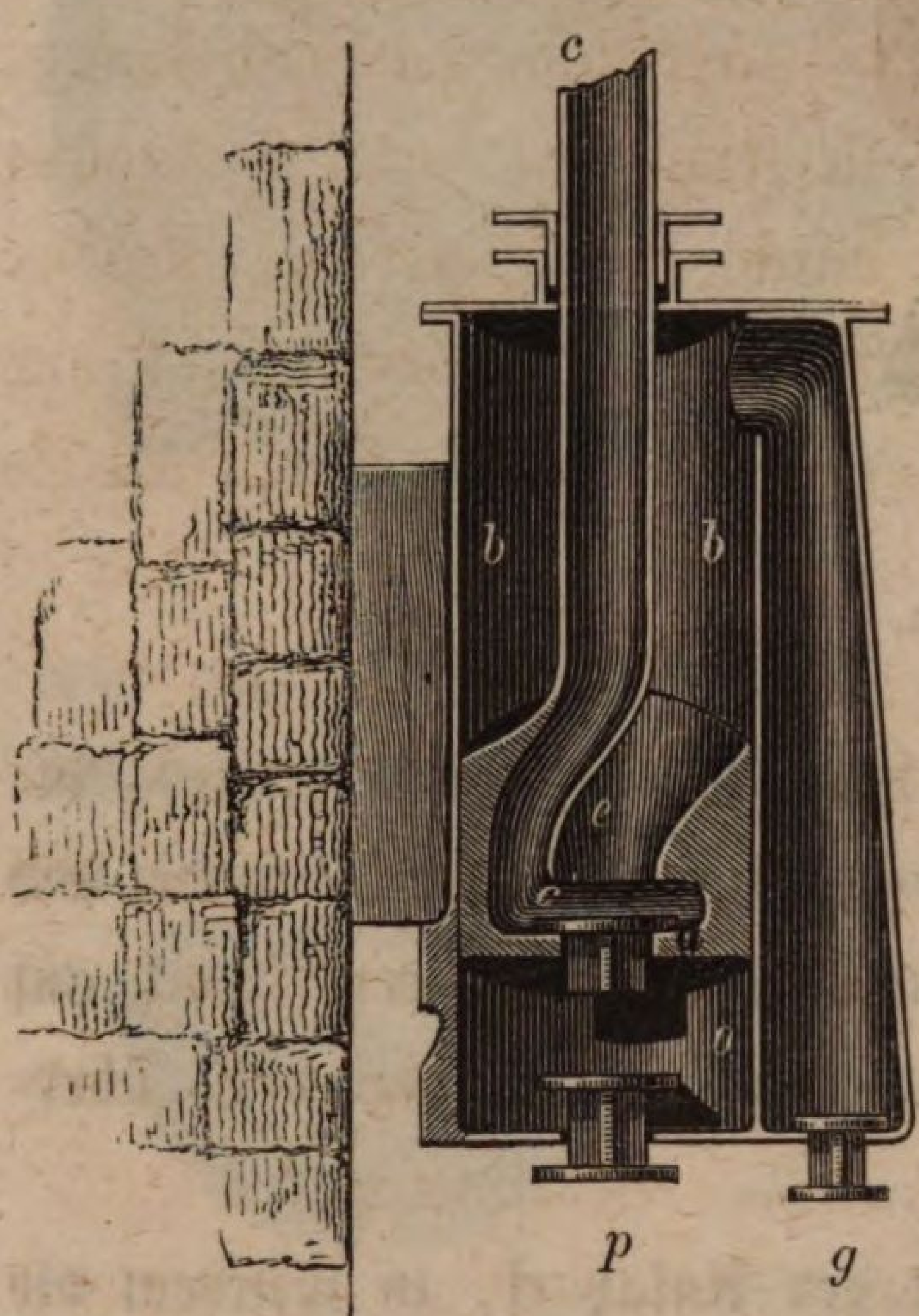


Fig. 26.

Die Pumpe ist in dem Brunnen eingelassen und an einem Werkholz d befestigt. Eine Röhre c (Fig. 26) steigt zugleich als Saug- und Ausflußröhre aus dem Kolben auf. Bewegt sich der Kolben e in dem Gehäuse herab, so schließt sich durch den Druck des Wassers p und das Ventil a legt sich vor die Oeffnung bei e, dagegen öffnet sich g und das Wasser aus o wird durch den Kolben gezwungen, in die Höhe zu steigen und es füllt sich der Raum b mit Wasser. Bewegt sich der Kolben herauf, so öffnet sich das Ventil p und Wasser tritt in den Raum o. Der Kolben aber drängt das Wasser aus b durch e in die Röhre c, nachdem das Ventil a den Platz wie in der Skizze angenommen hat. Die Pumpe ist also doppeltwirkend.

### 11) Uhland's Druckpumpe.

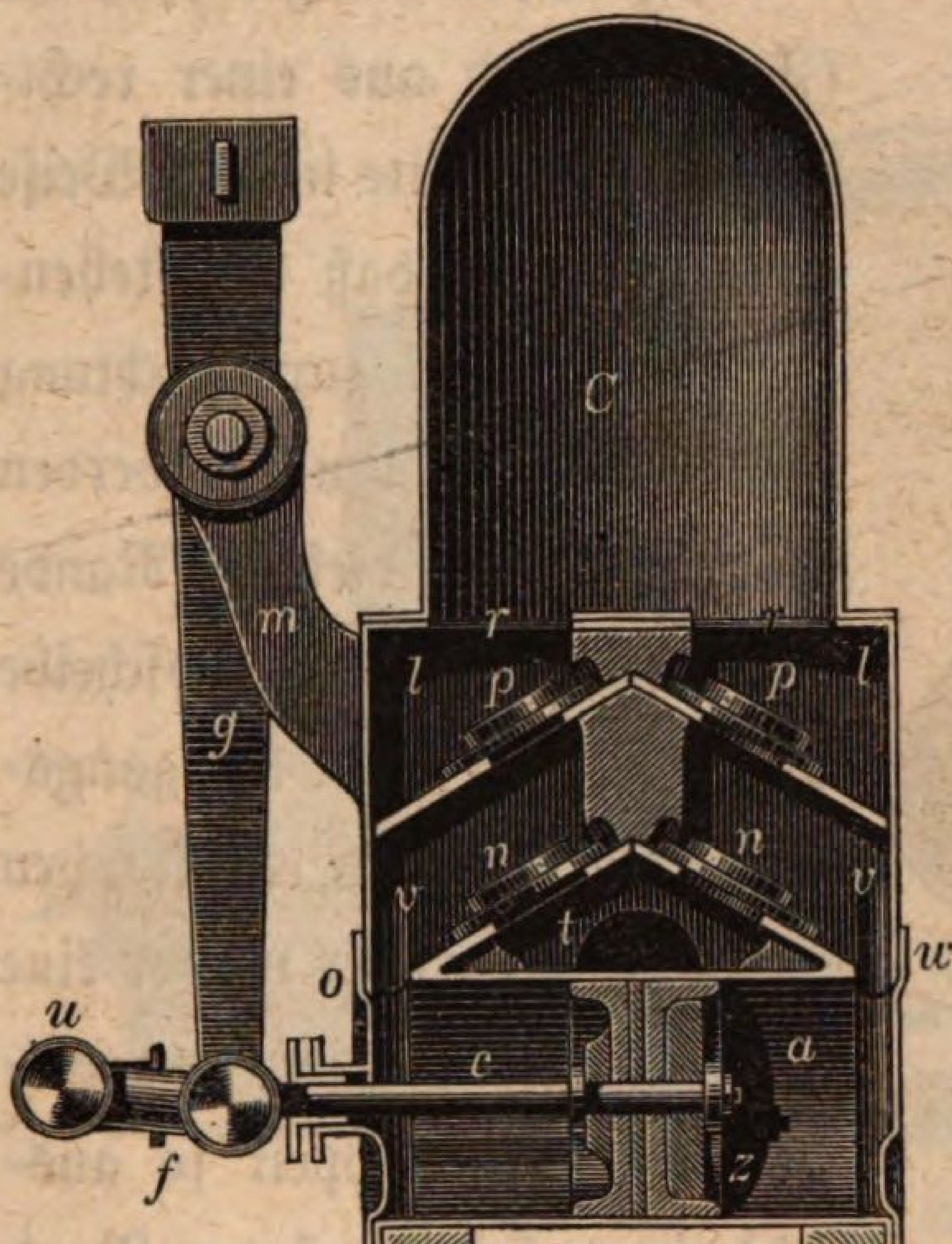



Fig. 27.

In nebenstehender Fig. 27 ist a der Pumpencylinder, in welchem sich der Kolben Z horizontal hin- und herbewegt; w und o sind die Cylinderdeckel, nach deren Entfernung man bequem von beiden Seiten zu dem Kolben gelangen kann. Durch die Stopfbüchse q geht die Kolbenstange e nach außen; sie empfängt ihre Bewegung durch den Hebel g, welcher mittels zweier Schienen f und des Kreuzkopfes u mit ihr in Verbindung steht. Ein an das Ventilgehäuse angegossener Arm m dient als Dreh- und Stützpunkt des Hebels g. Das Ventilgehäuse ll ist mit dem Cylinder a aus einem Stücke gegossen; es ist auf beiden Seiten offen und durch vier schiefgelegte Platten, welche sich an ein Mittelstück anschließen, in vier Abtheilungen getheilt. In diesen Platten befinden sich die Durchgangsöffnungen der Saugventile nn und der Druckventile pp. Die Verbindung des Ventilgehäuses mit dem Cylinder wird durch die Canäle vv hergestellt. Der Windkessel C ist auf das Ventilgehäuse angeschraubt. Die Ventile nn und pp bestehen aus Kautschukplatten, versteift und beschwert mit Eisenstücken und festgehalten durch die Holzkeile rr, welche nach Entfernung der Deckplatten leicht losgeschlagen werden können, wodurch es möglich wird, die Ventile herauszunehmen. Die Einsaugeöffnung ist bei t; der Ausfluß erfolgt durch ein in den Windkessel hineinragendes Rohr.

### 12) Californiapumpe von Werner.

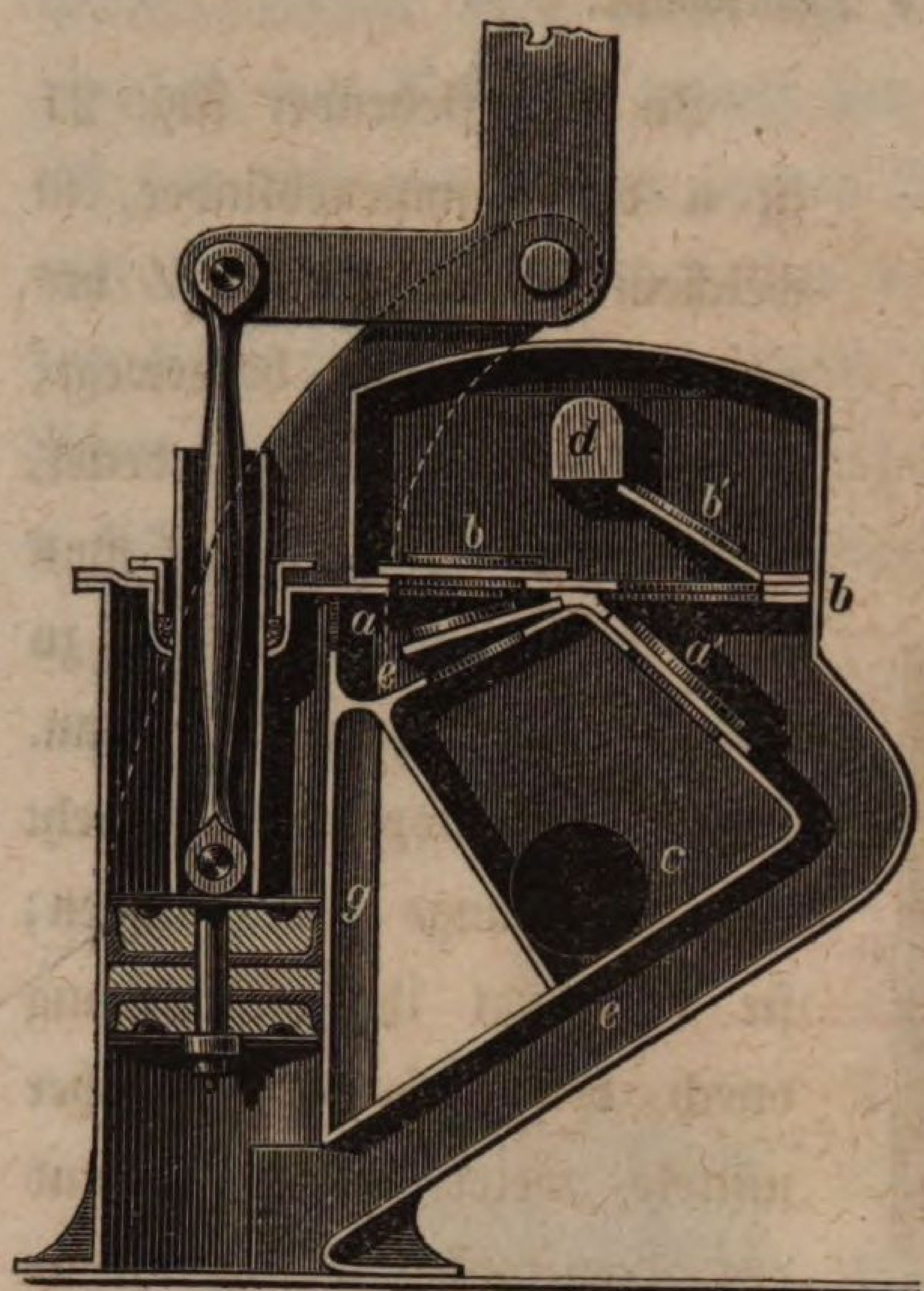


Fig. 28.

Die beiden Saugklappen aa (Fig. 28) sind aus einer rechteckigen Lederplatte in der Weise ausgeschnitten, daß der stehenbleibende Rand zur Dichtung des Flantsches benutzt werden kann. Ueber diesem Rande liegt dann die Dichtungsscheibe bb′b, welche die Durchgangsöffnungen für die Ventilklappen enthält und darüber wieder eine rechteckige Lederscheibe, aus welcher die Druckklappen so ausgeschnitten sind, daß der Rand der Scheibe als Dichtung des Flantsches des Windkessels benützt werden kann. Während die Drehaxe beider Saugklappen bei b′ liegt, drehen sich die Druckklappen um die Axen bb; c ist das Saug-, d das Druckrohr; die Canäle ee sind mit dem Cylinder aus einem Stück gegossen. Der Windkessel ist einfach durch vier Schrauben aufgeschraubt, welche zugleich zur Dichtung der Flantschen und zur Befestigung der Ventilklappen benutzt werden.

### 13a) Doppeltwirkende Hand-Druckpumpe.

Wie die Abbildung (Fig. 29) zeigt, ist der Cylinder A der Pumpe mit dem größten Theile der Ventilkammer K aus einem Stücke gegossen. Der Abschluß der Ventilkammer geschieht auf beiden Seiten durch die Cylinderdeckel B. Der Kolben ist massiv und bewegt sich durch die ganze Länge des Cylinders. Die vier

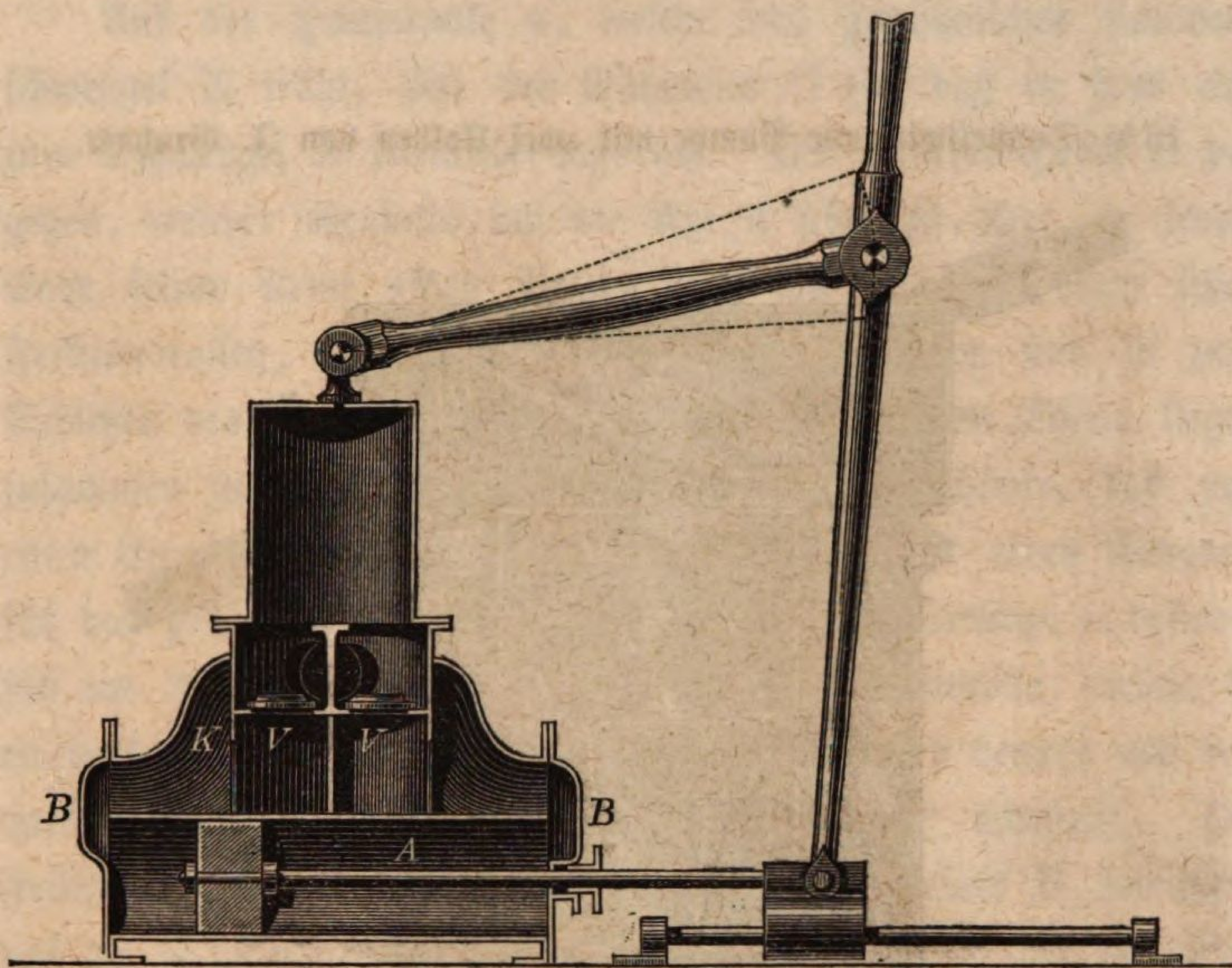



Fig. 29.

Ventile V, von denen zwei für den Eintritt und zwei für den Austritt dienen, bestehen aus Leder oder Kautschuk und liegen sämmtlich in einer gemeinschaftlichen Ebene, und zwar in einer horizontalen, wenn die Axe des Cylinders horizontal ist. Sie öffnen sich alle nach oben. Ueber den Ventilen ist der Windkessel so aufgeschraubt, daß beim Abnehmen desselben alle Ventile zugänglich werden. Am unteren Ende des Windkessels sind zwei quadrantenförmige Platten angegossen, durch welche die Räume über den Eintrittsventilen von dem Windkessel abgesperrt werden, während die Räume über den Austrittsventilen mit dem Windkessel und dem Austrittsrohre frei communiciren. Die Saug- und Druckcanäle sind so angeordnet, daß alle vier Ventile nach derselben Richtung sich öffnen und sämmtlich auf einer einzigen gehobelten Fläche liegen. Das Kreuz, welches die Ventilkammer in ihre vier Räume zerlegt, ist ebenso wie der Cylinder und die Deckel aus Bronce gegossen.

### 13 b) Doppeltwirkende Pumpe mit zwei Kolben von J. Graham.

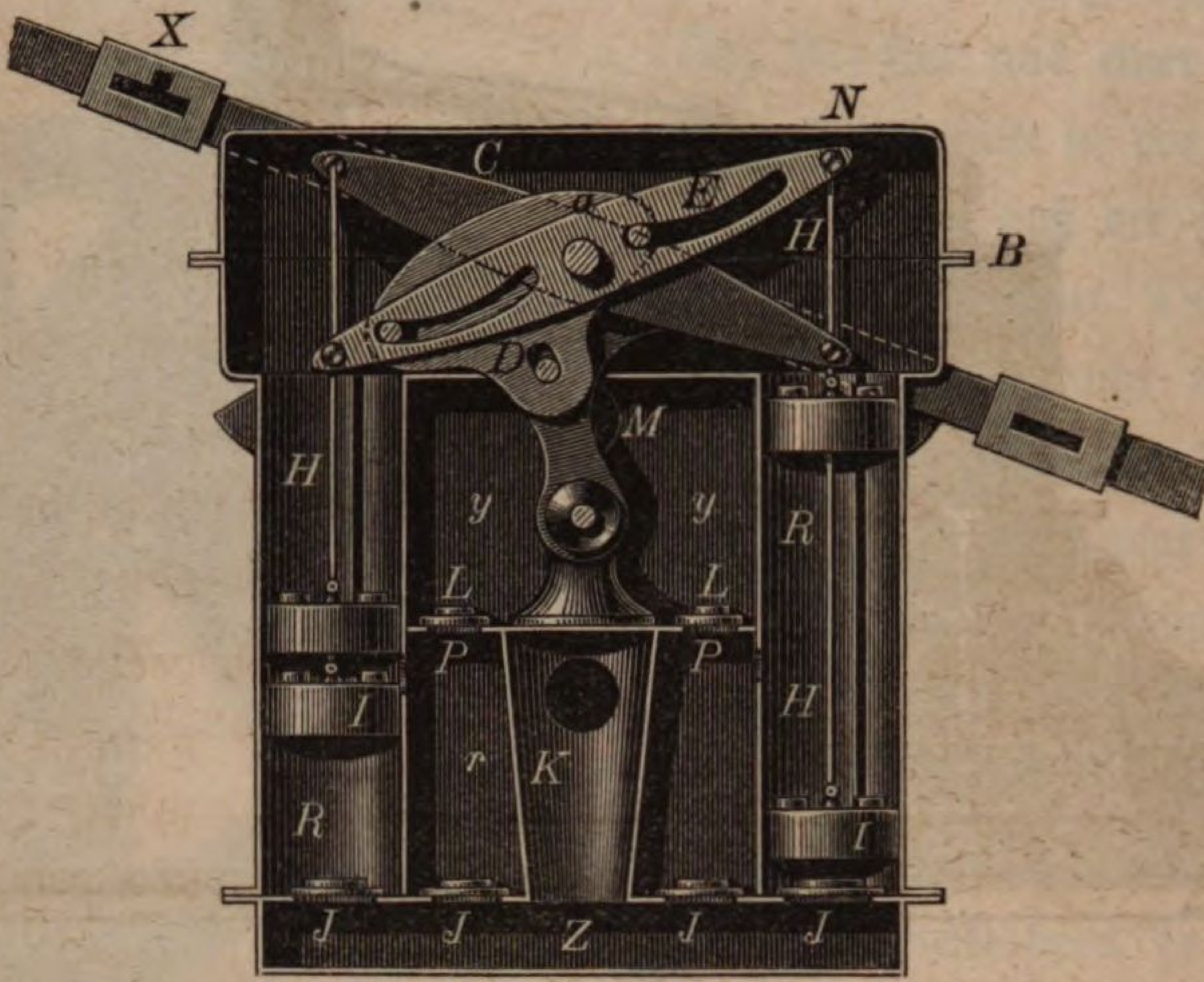



Fig. 30.

Diese Pumpe (Fig. 30) hat zwei Stiefel. Die Stange des unteren Kolbens in jedem Stiefel geht durch eine Oeffnung im oberen Kolben, die vermittels einer beweglichen Messingliderung wasserdicht abgeschlossen ist. Neben jedem Stiefel befindet sich ein Bassin mit je einem Saugventil am Boden, durch welches das Wasser während des Aufganges des oberen Kolbens angesaugt wird. Geht dagegen der untere Kolben in die Höhe, so wird durch das Saugventil im Boden des Stiefels unmittelbar in den Stiefel das Wasser gesaugt; daher kommt es, daß immer das Saugventil des Bassin geschlossen, wenn das des zugehörigen Stiefels geöffnet ist, und umgekehrt. Zwischen den Pumpenstiefeln befindet sich ferner weiter oben ein Reservoir, das zur Aufnahme des gehobenen Wassers dient; das durch die unteren Kolben gehende Wasser tritt durch die Seitenbassins in das Reservoir ein, während das von den oberen Kolben gehobene Wasser unmittelbar in dasselbe übertritt.

Auf der Hauptwelle a, welche den gewöhnlichen Pumpenschwengel X trägt, sitzt der Balancier C so, daß er stets eine zum Schwengel X parallele Lage hat. Ein anderer Hebel D dagegen, welcher ebenfalls um die Axe a schwingt, hat an jedem Ende seiner Arme einen Bolzen und auf diesem Bolzen sitzen Friktionsrollen, welche in Kreisbögen sich bewegen und in zwei Schlitzen des Balancier E gehen. Alle arbeitenden Theile liegen zusammen in einem wasserdicht verschlossenen Gehäuse, das nur einen Eingang K für das angesaugte Wasser und einen Ausgang für das gehobene Wasser hat. Unterhalb der Drehaxe a befindet sich am Balancier C ein Arm mit einer Friktionsrolle, welche in einem kurzen vertikalen Schlitze des Hebels D sich bewegt und dadurch zugleich dem Hebel D seine Bewegung mittheilt. Die Friktionsrollen an den Enden der Arme des Hebels D bewirken, daß die Schwingungsrichtung des Balancier E stets der des Balancier C entgegengesetzt ist.

H sind die Kolbenstangen, I die Kolben, J die Saug- oder Fußventile. Das durch die Saugmündung K angesaugte Wasser fällt in die Kammer Z nieder und wird von hier aus durch die Saugventile J abwechselnd in die Pumpenstiefel R und in die Bassins r gezogen. Das durch die unteren Kolben angehobene Wasser tritt durch die Steigventile L in das Reservoir y, nachdem es zuvor durch die Oeffnung F hindurch in die Bassins r übergetreten ist; das von den oberen Kolben gehobene Wasser dagegen gelangt auf unmittelbarem Wege in das Reservoir.

### 14) Doppeltwirkende Grubenpumpe von Rittinger.

Diese Pumpe besteht aus zwei feststehenden Röhren A und E (Fig. 31) und einem beweglichen Rohre BC, welches letztere mit dem Gestänge verbunden ist und eine auf- und niedergehende Bewegung erhält. An das untere Rohr A schließt sich der Saug-

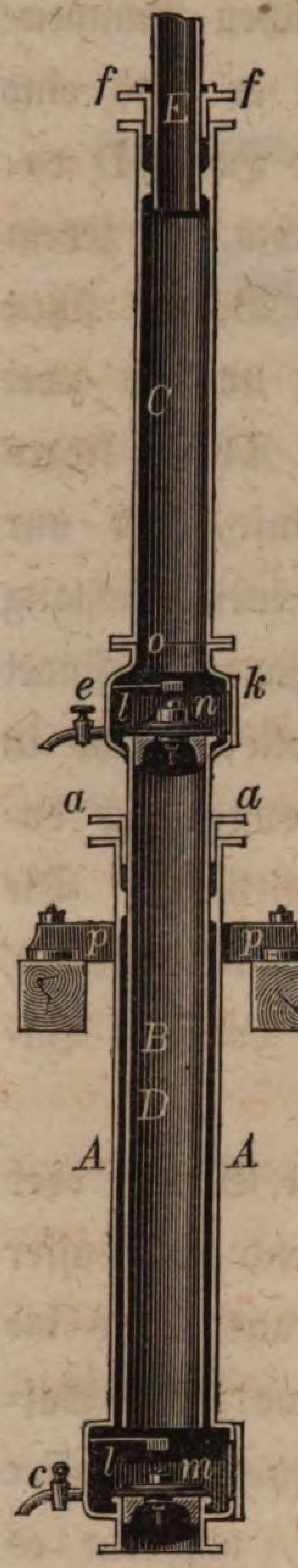


Fig. 31.

kasten c mit dem Saugventile m und weiter unten das Saugrohr an. Der Kasten e für das Druckventil n ist in dem beweglichen Rohre B eingeschaltet. Die Fortsetzung des oberen, festen Rohres E bilden die Steigröhren. Die Hauptbestandtheile der Pumpe sind der Art aneinander gereiht, daß, wenn der untere Mönchskolben B seine tiefste Stellung, übereinstimmend mit der Figur 31, einnimmt, also ganz in dem unteren Kolbenrohre A eingesenkt ist, das obere Kolbenrohr C bis an das untere Ende des oberen Mönchskolbens E herabgeschoben ist, und umgekehrt. Während daher unten der Mönchskolben im Kolbenrohre sich auf- und niederbewegt, findet oben gerade das Gegentheil statt, indem das Kolbenrohr über dem Mönchskolben sich verschiebt. Wird das Rohr BC nach aufwärts bewegt, so öffnet sich das Saugventil m und es tritt Wasser in das untere Kolbenrohr A. Gleichzeitig wird aus dem oberen Kolbenrohr C in Folge seiner Verkürzung so viel Wasser durch die Steigröhren nach aufwärts getrieben, als der obere Mönchskolben E aus demselben verdrängt.

Bei dem Niedergange des Kolbens BC schließt sich das Saugventil m, das Ventil n öffnet sich und es tritt so viel Wasser durch n in das obere Kolbenrohr C, als der untere Mönchskolben B aus dem Kolbenrohre A verdrängt. Dieses Wasser füllt den Raum aus, welchen der obere Mönchskolben E vorher eingenommen hat; da dieser Raum aber kleiner ist, als das ganze durch das Ventil n tretende Wasserquantum, indem E einen geringeren Querschnitt besitzt als B, so muß der Ueberschuß des Wassers durch die Steigröhre nach oben austreten. Man sieht hieraus, daß die Pumpe

eine doppeltwirkende ist, indem sowohl beim Auf- als beim Niedergange des Gestänges Wasser gehoben wird und kann man die Dimensionen der Art wählen, daß beim Auf- und Niedergange des Gestänges gleiche Wassermengen gefördert werden. Zu diesem Zwecke muß die äußere Kreisfläche des oberen, festen Mönchskolbens E halb so groß sein als diejenige des unteren beweglichen Mönchskolbens B. Sind daher die äußeren Durchmesser jener Kolben beziehungsweise $D_2$ und $D_1$, so muß $\frac{D_2^2 \pi}{4} = \frac{D_1^2 \pi}{2 \cdot 4}$ sein; hieraus folgt, $D_2^2 = \frac{1}{2} D_2^1$ oder $D_2 = 0{,}707\ D_1$.

Der innere Durchmesser $D_3$ der Steigröhre, welche sich an den oberen Mönchskolben weiter aufwärts anschließt, richtet sich nach der Geschwindigkeit $C_3$, welche man dem darin aufsteigenden Wasser geben will. Da die ganze vom unteren Mönchskolben während seines Aufganges aufgesaugte Wassermenge continuirlich durch die Steigröhre sich bewegt, so muß durch jeden Querschnitt der letzteren in einer Sekunde halb so viel Wasser passiren als der untere Mönchskolben während seines Aufganges in einer Sekunde nach sich zieht, vorausgesetzt, daß der Niedergang des unteren Mönchkolbens mit derselben Geschwindigkeit c vor sich geht, als dessen Aufgang; man hat daher:

$$\frac{D_3^2 \pi}{4} c_3 = \frac{D_1^2 \pi}{2 \cdot 4} \cdot c \text{ oder } D_3 = 0{,}707\ D_1 \sqrt{\frac{c}{c_3}}.$$

Bewegt sich daher der untere Mönchskolben mit einer größten Geschwindigkeit $c = 0{,}32$ Meter und soll das Wasser in dem Steigrohre keine größere Geschwindigkeit annehmen als 2,0 Meter, so ist $\frac{c}{c_3} = \frac{0{,}32}{2{,}0} = 0{,}16$, also $\sqrt{\frac{c}{c_3}} = 0{,}4$, so folgt $D_3 = 0{,}28\ D_1$.

Für den äußersten Fall, wo den Geschwindigkeiten c und $c_3$ die kleinsten Werthe $c = 0{,}16$ und $c_3 = 1{,}0$ Meter entsprechen, ergiebt sich $\frac{c}{c_3} = \frac{0{,}16}{1{,}0} = 0{,}16$ und $D_3 = 0{,}28\ D_1$.

Die hienach sich ergebenden geringen Dimensionen der Steigröhren sprechen gleichfalls zum Vortheile dieses Pumpensystems.

Die beiden Mönchskolben B und E müssen stets in reichlicher Schmiere erhalten werden, wenn die Pumpe leicht gehen soll. Ein Gemenge von 2 Theilen Unschlitt und 3 Theilen Rüböl liefert für den genannten Zweck eine gute Schmiere. Um das öftere Auftragen der Schmiere zu vermeiden, bringt man dieselbe auf wulstförmige Leinwandlappen, die in die ringförmige Vertiefung der Stopfbüchsen eingelegt werden.

Der Verbrauch an Schmiere pr. 24 Stunden beträgt bei einem 12zölligen (31 Centimeter) Kolben ungefähr 0,35 Kilogramm. Der Umstand, daß diese Pumpe das Schmieren der Kolben zuläßt, ferner, daß sie sehr wenige Reparaturen bedarf, indem die Stopfbüchsenpackungen kaum alle 4—5 Wochen einmal erneuert zu werden brauchen, endlich, daß sandiges Wasser auf die Abnützung der Kolben keinen Einfluß übt, indem der Sand wegen seiner Schwere nicht nach oben zwischen die Stopfbüchsenpackungen eindringen kann, giebt ihr einen entschiedenen Vorzug gegen die gewöhnlichen Kolbenklumpen. Dadurch, daß Pumpencylinder, Saug- und Steigrohr sowie das Gestänge eine gemeinschaftliche Axe haben, also keine Ablenkungen der Wasserströmung aus der Vertikalen stattfinden, haben diese einaxigen Pumpen auch noch Vortheile gegenüber den gewöhnlichen Mönchskolbenpumpen.

Bis zu einer Tiefe von 100 Metern und bei gehöriger Vorsicht selbst bis zu 140 Metern kann man bei den eben beschriebenen Pumpen mit einer Satzhöhe auskommen. Ist die Kraftmaschine eine einfachwirkende, so genügt auch ein Pumpensatz; ist sie dagegen eine doppeltwirkende, so wird man am zweckmäßigsten zwei Pumpensätze nebeneinander aufstellen. Die Steigröhren der zwei Pumpen werden gleich über dem oberen Mönchskolben vereinigt und ein gemeinschaftliches Steigrohr angewendet, welches zwischen den Schachtstangen beider Pumpen in die Höhe geführt wird.

An dem Spiele der Pumpe ändert sich nichts, wenn man zwischen dem Druckventilkasten e und dem oberen Kolbenrohre C eine beliebige Zahl Röhren einschaltet. Dadurch bekommt das obere Kolbenrohr eine höhere Stellung im Schachte und die Befestigung desselben an das Gestänge rückt immer mehr aufwärts. Geht man mit der Einschaltung der Zwischenröhren so weit, daß der obere Mönchskolben unmittelbar unter das Niveau des Ausgusses kommt, so fällt das Gestänge auf die ganze Druckhöhe der Pumpe weg, indem die eingeschalteten, an der Hin- und Herbewegung des großen Mönchskolbens theilnehmenden Röhren die Stelle des Gestänges vertreten; man hat dann eine Grubenpumpe ohne Gestänge. Es versteht sich von selbst, daß die eingeschalteten Zwischenröhren keineswegs den Durchmesser des oberen Kolbenrohres zu haben brauchen, sondern, daß es zulässig ist, ihnen einen viel kleineren Durchmesser zu geben. In Fig. 32 ist eine solche Pumpe ohne Gestänge dargestellt und es ist daraus zu ersehen, in welcher Weise die engeren Zwischenröhren Z einerseits mit dem Druckventilkästchen e, andererseits mit dem oberen Kolbenrohre C zu verbinden sind.

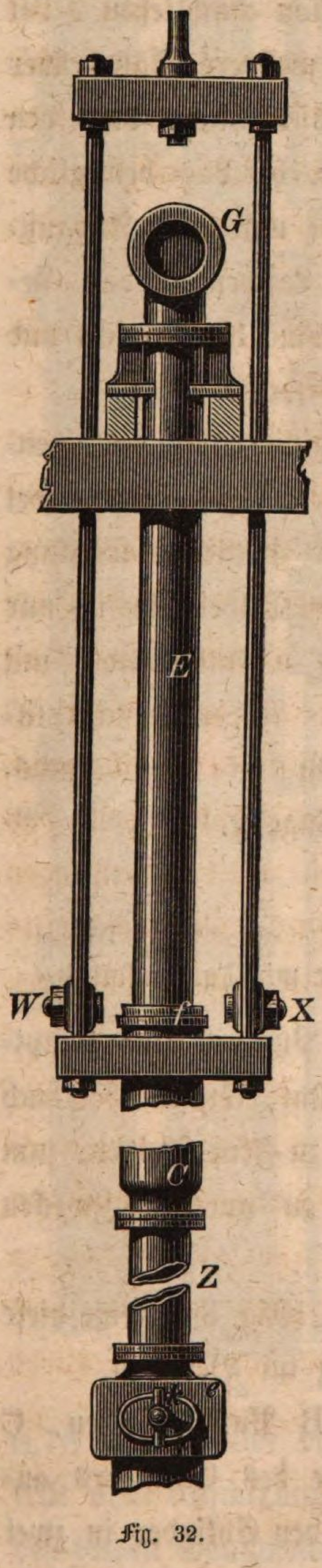


Fig. 32.

Eine derartige Pumpe ohne Gestänge wird vorzugsweise anwendbar sein, wenn die Kraftmaschine einfachwirkend, und nur eine einfache Pumpentour vorhanden ist. Bei einer doppeltwirkenden Kraftmaschine ist ihre Anwendung durch die Höhe des Pumpensatzes beschränkt.

Ist bei der einfachen Pumpentour blos ein

einziger Satz vorhanden, so kann das obere Kolbenrohr C sogleich mit der Transmission der Maschine in Verbindung gesetzt werden. An die Stelle der Gestänglaschen treten alsdann Scharniere WX, an welche sich die Zugstangen der Transmission anschließen. Ist dagegen die Schachttiefe so bedeutend, daß mehrere Sätze über einander aufgestellt werden müssen, so ist es räthlich, blos den untersten Satz ohne Gestänge einzurichten; d. h. das bewegliche obere Kolbenrohr des untersten Satzes bis nahe unter den Ausgußkasten zu verlängern und dasselbe dort mittels Laschen an das Gestänge zu befestigen, welches bis zur Kraftmaschine hinaufreicht und die höher gelegenen Sätze bewegt.

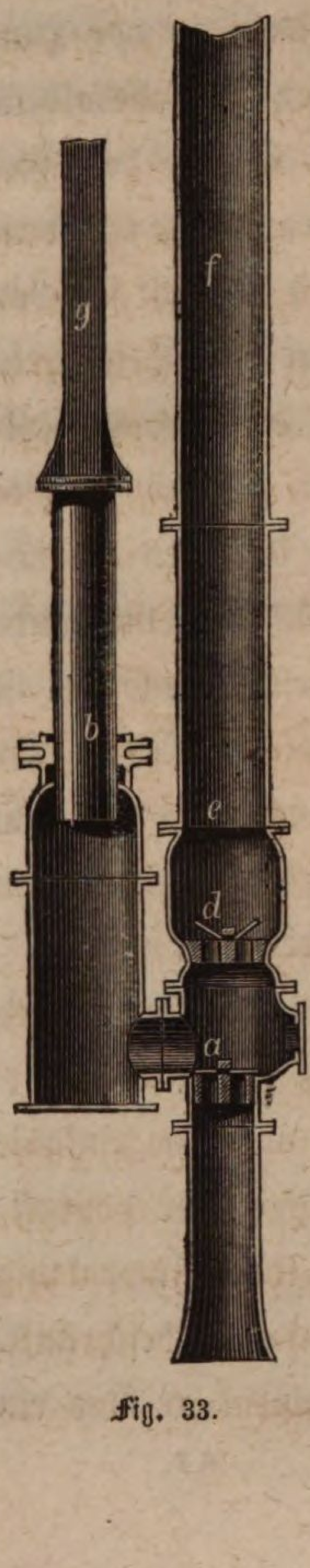


Fig. 33.

In Fig. 33 ist eine gewöhnliche Mönchskolbenpumpe, wie sie als Grubenpumpe angewendet wird, dargestellt. Bei der seitlichen Stellung beider Ventilkästen gegen das Kolbenrohr ist nur der untere, das Saugventil a enthaltende, mit dem Kolbenrohre verbunden. d der Druckventilkasten und ef das Steigrohr; b der Mönchskolben mit dem Schachtgestänge g.

### 15) Doppeltwirkende Pumpe mit Taucherkolben.

Diese doppeltwirkenden Pumpen sind hauptsächlich für Bergwerke bestimmt, können aber auch in städtischen Wasserwerken, zu Feuerspritzen, zum Speisen von Kesseln und zu anderen Zwecken verwendet werden.

Nebenstehende Abbildung (Fig. 34) zeigt diese Pumpe in ihrer Anwendung im Bergbau.

AA Pumpencylinder, B Pumpenkolben, C die ungefähr in der Mitte des Cylinders angebrachte Scheidewand, die den Cylinder in zwei

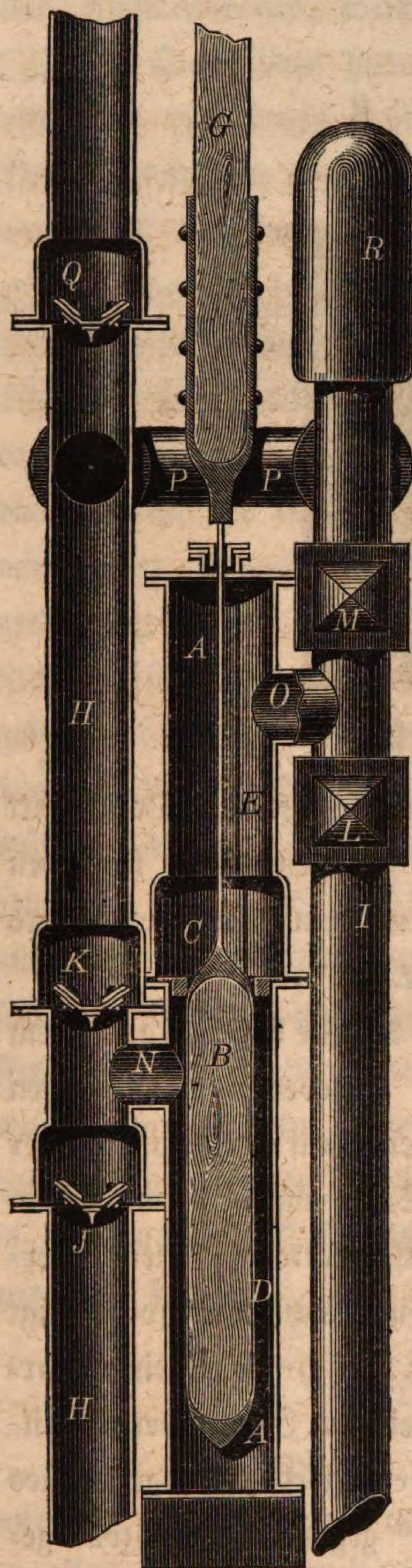



Fig. 34.

Abtheilungen D und E zerlegt. Die Scheidewand ist durch einen Metallring mit übergeschobenem Kautschukring gegen den Kolben abgedichtet. G die Kolbenstange, H und I die beiden Saugrohre, J und K Ventile, M und L sind Putzdeckel. Das Zweigrohr N stellt den Raum zwischen den Ventilen J und K mit der Abtheilung D des Pumpencylinders in Verbindung und O ist ein gleiches Verbindungsrohr für den Raum zwischen den Ventilen des Rohres I mit der Cylinderabtheilung E. Die beiden Rohre H und I sind oben durch das Rohr P verbunden. Das Rohr H geht in seinem oberen Theile in das Steigrohr über und ist hier mit einem Klappenventile versehen. R bezeichnet den Windkessel.

**16) Gemeinschaftliche Ventilkammer für zwei Plungerpumpen (Fig. 35a und 35b) von Oberingenieur Harlé.**

Die Ventilkammer enthält vier Klappenventile; die Saugventile liegen unter den Druckventilen und alle sind 45° gegen den Horizont geneigt.

Das Wasser kommt aus einem Behälter, in welchem der Wasserspiegel nur 0,18 Meter unter dem oberen Ende der Pumpenkörper liegt, und tritt ohne Ansaugung in den dreiseitig prismatischen Raum zwischen den beiden Saugventilen, welche ihm den Uebergang nach dem einen

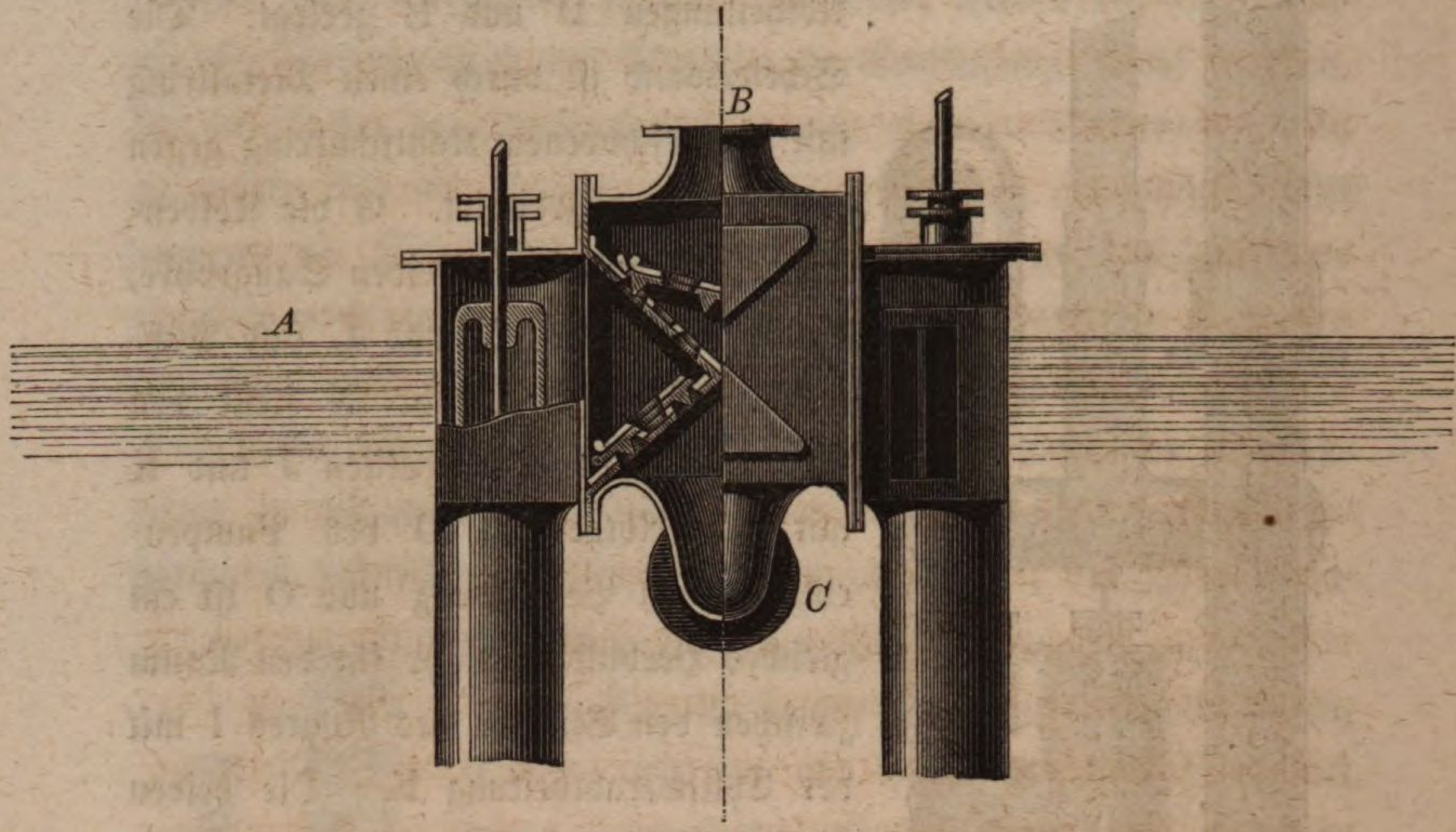



Fig. 35 *a*.

und dem anderen Pumpenkörper abwechselnd eröffnen. Dann tritt es durch die Steigventile in den oberen, zwischen diesen liegenden Raum der Ventilkammer und steigt aus demselben durch das darüber aufgesetzte Steigrohr in die Höhe.

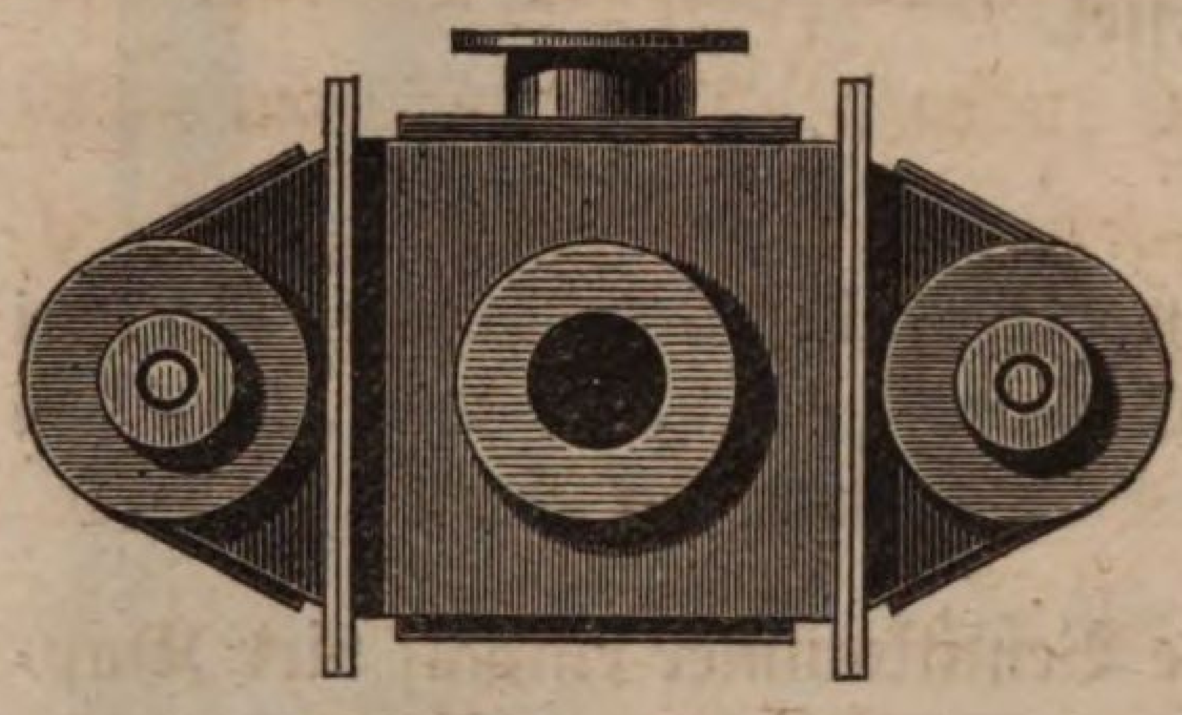


Fig. 35 *b*.

Die Ventile bestehen aus einem sauber gehobelten, gußeisernen Rahmen, auf welchem an der einen Seite eine oben und unten mit Eisenplatten belastete Lederklappe mit Schrauben so befestigt ist, daß sie sich wie um ein Scharnier drehen kann. Die Rahmen sind auf ein im Innern der Ventilkammer angebrachtes und an die Wände derselben angegossenes Kreuz aufgeschraubt, dessen Arme um 45° gegen den Horizont geneigt sind. Zwischen den Ventilrahmen und dem Kreuz liegt jedesmal an den Befestigungsstellen eine dünne Kautschukplatte.

Die quadratische Oeffnung hat 0,25 Meter Seitenlänge oder 0,0625 □ Meter Querschnitt, ist also viel größer als die Ein-

und Austrittsrohre, welche 0,2 Meter Durchmesser oder 0,0315 □ Meter Querschnitt haben. Die Ventilöffnung ist aber nicht völlig offen und die Klappe nicht massiv, sondern es ist in der Mitte der Ventilöffnung ein massives Quadrat von 0,14 Meter Seitenlänge angebracht und in der Klappe ein entsprechend großer Raum ausgespart, wodurch der Vortheil der doppelsitzigen Ventile erreicht wird, nämlich eine größere Länge des Umfanges für den Durchgang des Wassers. Bei demselben Durchgangsquerschnitt, der von der Menge des durchgehenden Wassers abhängig ist und dessen Maaß durch das Produkt des Umfanges in die Hubhöhe des Ventils bestimmt wird, kann hienach die letztere um so kleiner gemacht werden, je größer der erstere ist. Vermöge dieser Anordnung wird den Ventilen der bedeutende Durchgangsquerschnitt von 0,04 □ Meter gegeben und die Länge des Umfangs, die für die drei Seiten einer quadratischen Oeffnung von dieser Größe 0,75 Meter betragen würde, bis auf 1,31 Meter vergrößert. Es bedarf also nur einer Hubhöhe von 0,016 bis 0,017 Meter, um denselben Durchgangsquerschnitt zu erhalten, den das Steigrohr hat. Die Geschwindigkeit des Wassers am Ende eines jeden Kolbenhubes, wobei die Kurbeln sich ihrem todten Punkte nähern, wird so klein und die Klappen bleiben so wenig gehoben, daß sie ausreichend Zeit haben, sich völlig zu schließen, ehe der Kolben anfängt, aufzusteigen, so daß man ein Schlagen der Klappen beim Gange der Pumpen gar nicht bemerkt.

### 17) Dampfpumpe.

Der Dampfcylinder A in Fig. 36, der Pumpencylinder B und eine beide Cylinder verbindende Rückwand sind aus einem Stück gegossen. Der Dampf- und Pumpenkolben C besteht ebenfalls aus einem Stück und ist aus Bronce hergestellt. D ist der broncene Steuerkolben, der in einem Broncefutter der Steuerkammer läuft, E ein kleines Schwungrad mit einer Kurbelwarze F, G ein an

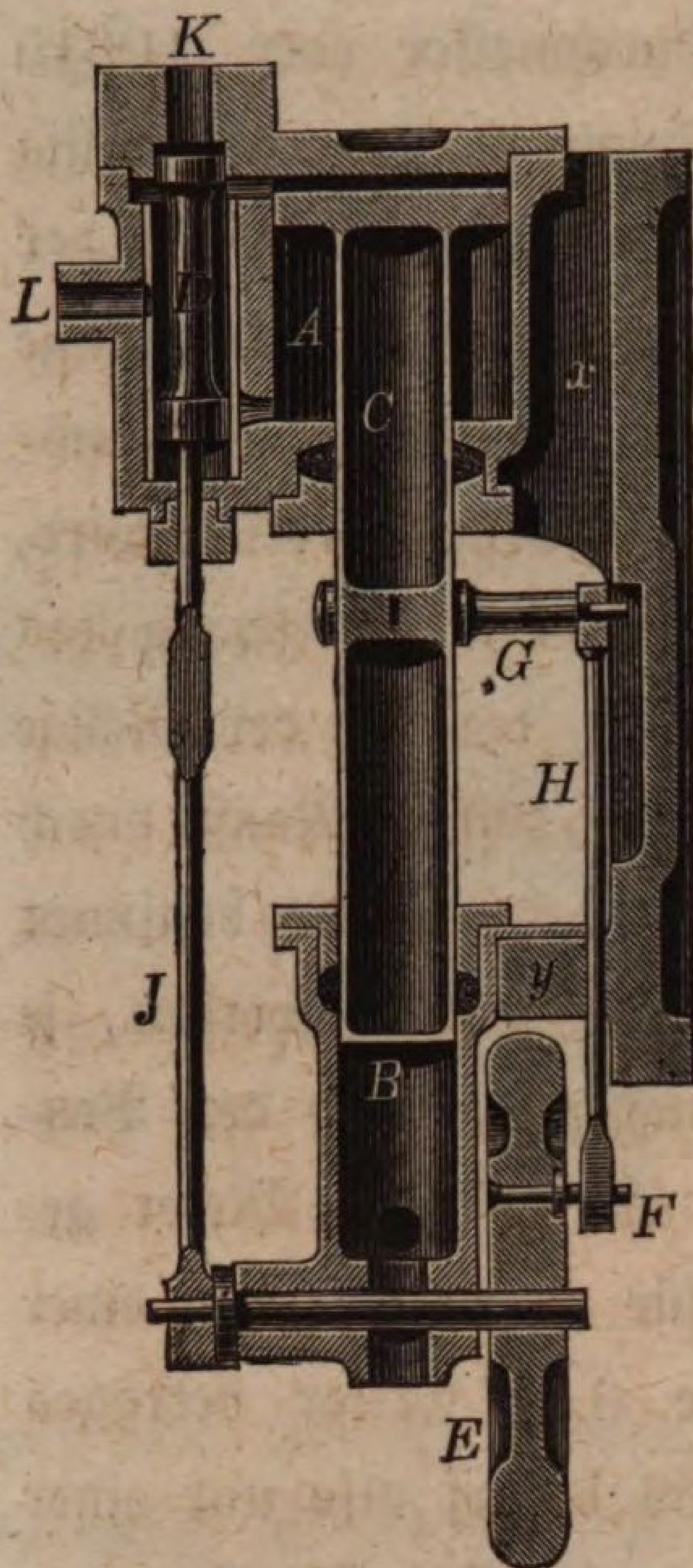



Fig. 36.

dem Kolben C festgekeiltes schmiedeisernes Querhaupt, H eine Kurbelstange zwischen der Warze F und Querhaupt G, I die Schwungradwelle, die im Boden des Pumpencylinders gelagert ist, mit einer dem Schwungrade gegenüber liegenden Kurbelwarze, welche durch die Stange J den Steuerkolben D in Bewegung setzt, K die Dampf-Eintrittsmündung, L die Dampf-Austrittsmündung. Die Ventilkammern, deren Ventile die Kugelform haben, und der Windkessel bestehen aus Bronce.

Der Steuerkolben ist entlastet und bedarf daher nur einer äußerst geringen Betriebskraft.

Diese Art Pumpen können sehr gut bei einer Geschwindigkeit von 200 Umdrehungen in der Minute arbeiten und machen dabei fast kein Geräusch.

Für dieselbe Art Dampfpumpen, bei denen sich jedoch das Schwungrad oben statt unten befindet und die auch eine andere Steuervorrichtung haben, geben die Fabrikanten Brown & Wilson in London folgende Leistungen und Preise an:

| No. | Durchmesser des Pumpenkolbens. | Hub. | Stärke des zu speisenden Kessels in Pferdestärken. | In der Stunde gehobene Wassermenge | | | Preis. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 100 Umdreh. | 150 Umdreh. | 200 Umdreh. | |
| | Meter. | | | Liter in der Minute. | | | Thaler. |
| 4 | 0,007 | 0,075 | 15 | 517 | 774 | 1035 | 70 |
| 5 | 0,046 | 0,075 | 22 | 810 | 1215 | 1620 | 84 |
| 6 | 0,046 | 0,100 | 30 | 1080 | 1620 | 2160 | 98 |
| 7 | 0,056 | 0,100 | 40 | 1452 | 2326 | 2905 | 113 |
| 8 | 0,056 | 0,135 | 55 | 2137 | 3204 | 4275 | 130 |
| 9 | 0,062 | 0,135 | 75 | 2632 | 3946 | 5265 | 148 |
| 10 | 0,062 | 0,170 | 90 | 3240 | 4860 | 6480 | 170 |
| 11 | 0,068 | 0,170 | 110 | 3915 | 58,72 | 7830 | 190 |
| 12 | 0,068 | 0,200 | 120 | 4635 | 69,52 | 9270 | 210 |

### 18) Dampfpumpe von Colburn.

Dampf- und Pumpencylinder bilden zusammen ein an beiden Enden geschlossenes Gefäß, in welchem zwei mit einander verbundene Kolben sich bewegen. Der Abstand zwischen den äußeren Flächen der beiden Kolben hängt von der Größe des Hubes ab und muß mindestens so groß sein, daß jeder Theil des Doppelcylinders immer nur entweder mit Wasser oder mit Dampf in Berührung kommt, nicht aber beiden ausgesetzt sein kann. So muß z. B. bei 12 Zoll (31 Centimeter) Hub die Gesammtlänge des Doppelkolbens mindestens 15 Zoll (39 Centimeter), besser noch 20 Zoll (52 Centimeter) betragen. Das Verhältniß zwischen den Durchmessern beider Kolben hängt einerseits von der Spannung des arbeitenden Dampfes, anderseits von der Höhe, auf welche das Wasser zu heben ist, ab. Der Dampf wirkt nur nach einer Richtung; wird Dampf auf der Dampfseite eingelassen, so übt bei der Kolbenbewegung nach dieser Richtung der Pumpenkolben einen Druck auf das Wasser aus. Kurz vor Beendigung dieses Kolbenhubes eröffnet ein Kanal dem Dampfe den Abzug aus dem Dampfcylinder in einen Condensator, wodurch ein luftverdünnter Raum im Dampfcylinder entsteht. Von jetzt an findet der Ueberdruck auf der Wasserseite statt und es wird nun das Kolbenpaar nach der entgegengesetzten Richtung getrieben. Befindet sich die Dampfpumpe in der Nähe einer Condensations-Dampfmaschine, so kann man in den Condensator dieser letzteren den Dampf der Dampfpumpe abblasen lassen; wo dies nicht der Fall ist, ist ein Condensator besonders anzuwenden. Zur Vertheilung des Dampfes dient eine Kolbensteuerung, welche ihren Antrieb durch den Dampf selbst erhält. Will man einen continuirlichen Wasserstrahl auswerfen, so läßt man zwei solche Dampfpumpen gemeinschaftlich arbeiten.

Dieses System zeichnet sich durch große Einfachheit aus, indem

alle rotirenden Bewegungen, Stopfbüchsen, Gegengewicht u. s. w. beseitigt und die Steuerungsmechanismen möglichst vereinfacht sind. Nach demselben kann man eine vollständige und gut arbeitende Dampfpumpe bis auf das Ansetzen der Dampf- und Wasserrohre aus fünf Theilen zusammensetzen, von denen noch dazu nur zwei beweglich sind. Uebrigens ist es gleichgültig, ob die Maschine eine vertikale, horizontale oder geneigte Lage erhält.

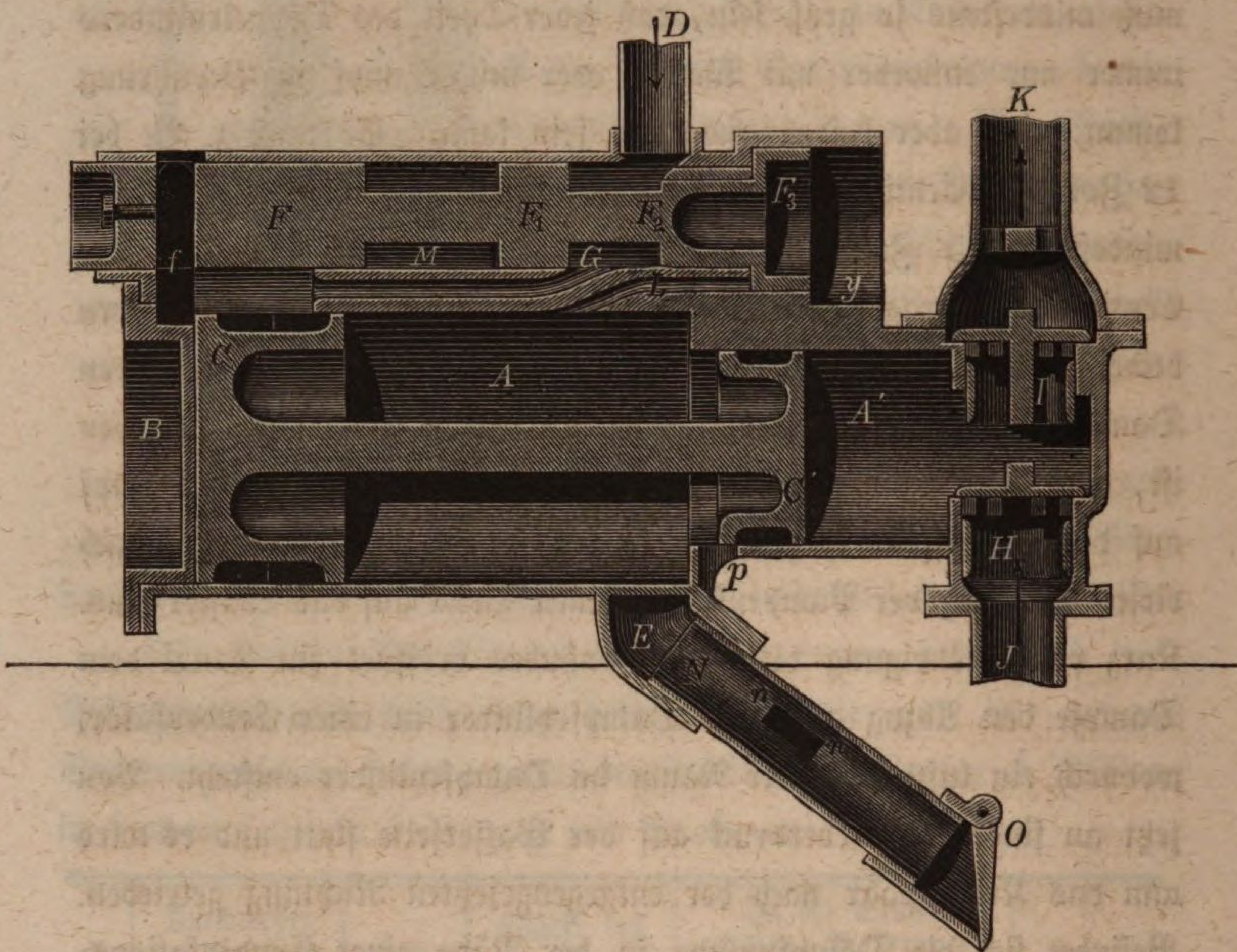



Fig. 37.

Der Theil A in Fig. 37 constituirt den Dampfcylinder, der Theil A' den Pumpencylinder. Da in der Abbildung Fig. 37 der Dampfcylinder weiter als der Pumpencylinder angenommen ist, so ist hier das Ende des Dampfcylinders offen gegossen und ein Deckel B aufgeschraubt. In den beiden Cylindern bewegt sich ein aus einem Stücke bestehendes Kolbenpaar CC'; der Kolben C dient als Dampf-, der Kolben C' als Pumpenkolben. Der Dampf tritt durch

das Dampfrohr D ein und füllt den Raum zwischen den Vorsprüngen $F_1$ und $F_2$ des Steuerkolbens $F F_1 F_2 F_3$. Der ringförmige Raum zwischen den Vorsprüngen $F_1$ und $F_2$ bildet die Verbindung zwischen dem Dampfrohre D und dem Dampfwege G, der in den Dampfcylinder A einmündet; es wird daher bei der Stellung, wie sie die Fig. 37 zeigt, Dampf gegen die linke Seite des Kolbens einströmen und denselben nach rechts schieben. Ist der Kolben beinahe am Ende dieses Hubes angelangt, so eröffnet er einen Kanal L, durch welchen der Dampf aus dem Cylinder A in den ringförmigen Raum zwischen den Vorsprüngen $F_2$ und $F_3$ des Steuerkolbens abgeleitet wird, um durch seinen Druck den Steuerkolben in die entgegengesetzte Stellung überzuführen. Es kann nun kein Dampf aus dem Dampfrohre mehr zutreten, wohl aber kann der im Cylinder A schon vorhandene Dampf durch den Dampfweg G und die ringförmigen Canäle M in das Ausblaserohr $E_1$ entweichen. Das an das Ausblaserohr angesetzte Condensatorrohr N, das in der Zeichnung des Raumes wegen zu kurz dargestellt ist, muß so lang sein, daß sein Fassungsraum mindestens dem des Dampfcylinders A gleichkommt. O ist die Klappe am unteren Ende desselben, n ein oder mehrere Schlitze für den Eintritt des Injektionswassers. Sobald durch die Herstellung der Verbindung zwischen dem Dampfraum A und dem Condensator N das Vacuum erzeugt ist, kommt der atmosphärische Druck zur Wirkung. Das Saugventil H wird gehoben und das nachströmende Wasser drückt das Kolbenpaar nach links, weil rechts atmosphärischer, links aber ein geringerer Druck herrscht. Ist wie hier der Dampfkolben größer als der Pumpenkolben, so wird diese Wirkung durch diejenige Luft, welche durch die Oeffnung p zwischen die beiden Kolben einströmt, noch unterstützt. Der Dampf, der vor der Umsteuerung auf die Fläche $F_3$ des Steuerkolbens wirkte, entweicht in den freien Raum y, worauf der Steuerkolben zum Stillstand kommt; beim Rückgange trifft der Kolben C gegen den vorstehenden

Keil f desselben und schiebt ihn in seine ursprüngliche Stellung zurück.

J ist das Saugrohr, H das Saugventil, I das Steigventil und K das Steigrohr.

## 19) Schieberpumpen.

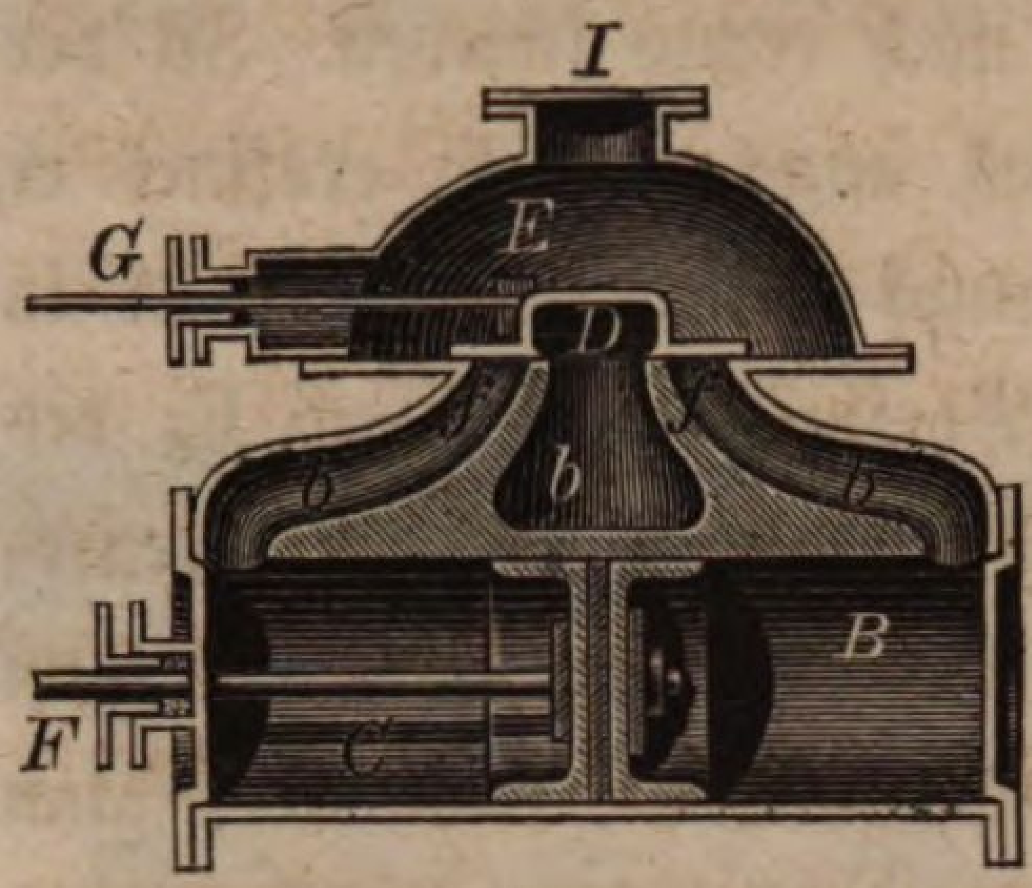


Fig. 38.

B (Fig. 38) ist der Pumpencylinder, C der Kolben, D der Schieber. Der letztere ist mit stählernen Schneidblättern versehen und erhält durch die Schieberstange G eine hin- und hergehende Bewegung. Diese Bewegung ist so eingerichtet, daß sich der Schieber nur dann in Bewegung setzt, wenn der Kolben C sich am Ende seines Hubes befindet; so lange aber der Kolben sich bewegt, bleibt der Schieber stehen, und zwar so, daß alle Canalmündungen geöffnet sind. Der Schieber selbst geht in Falzen, damit er durch den Druck der Flüssigkeit nicht abgehoben wird. F die Kolbenstange, E der Schieberkasten mit Deckel I, der behufs Reinigung leicht abgenommen werden kann. Die Pumpe ist einfach, solid, leicht transportabel und bietet noch folgende Vortheile:

Damit kein Hinderniß, wie Lumpen, Papier u. s. w. den Gang des Schiebers hemmen kann, sind zwei Messer angebracht, das eine im Schieberspiegel, das andere am Schieber selbst; das letztere zerschneidet bei seiner hin- und hergehenden Bewegung alle fremden Körper, welche durch das Saugrohr eintreten und welche bei Anwendung von Ventilen das Spiel derselben stören würden. Die Pumpe eignet sich daher besonders zum Entleeren von Dunggruben, Aborten und dergl.

Die üblichen Speisepumpen mit Ventilen haben den Nachtheil, daß dieselben nicht geeignet sind, dem zu speisenden Dampf-

kessel Wasser von hoher Temperatur zuzuführen, um so weniger, wenn das Speisewasser-Niveau tiefer als das Saugventil der Pumpe liegt und diese also das Wasser ansaugen muß.

Die Bildung von Wasserdämpfen aus dem im Innern der Pumpe zurückbleibenden heißen Wasser verhindert die Herstellung eines luftverdünnten Raumes und deßhalb kann ein Ansaugen der Pumpe nicht stattfinden. Man hat es in solchen Fällen vorgezogen, die Erwärmung des Speisewassers durch die überschüssigen Dämpfe in einem Vorwärmer zu bewerkstelligen, welche zwischen der Speisepumpe und dem Dampfkessel aufgestellt wird, so daß bei dieser Anordnung die Pumpe selbst mit kaltem Wasser arbeitet, also das Ansaugen derselben nicht gestört ist. Nicht überall jedoch ist eine solche Einrichtung zuläßig und man ist gezwungen, wie z. B. in Zuckerfabriken, das in dem sogenannten Retourdeau angesammelte heiße Wasser direkt durch die Pumpe nach dem Dampfkessel zu schaffen. In der Praxis sucht man sich dadurch zu helfen, daß man die Temperatur des Speisewassers durch Zulassen von kaltem Wasser erniedrigt. Dieses Hülfsmittel hat aber einen Brennmaterialverlust zur Folge, der nicht unbedeutend und auf circa 10 Procent zu veranschlagen ist, wenn man dabei annimmt, daß das aus den verschiedenen Apparaten mit circa 100° C. in das Retourdeau eintretende Wasser auf ungefähr 40° C. abgekühlt werden muß, um die Speisung durch eine gewöhnliche Ventilpumpe zu sichern.

Um die genannten Uebelstände zu beseitigen, hat man zuerst die Schieberpumpen angewendet, die sich von den Ventilpumpen dadurch unterscheiden, daß das Saug- und Druckventil der letzteren durch einen Schieber ersetzt ist, welcher in Construktion und Bewegung dem einfachen Dampfschieber ähnlich ist. Durch die mechanisch erfolgende Oeffnung und Schließung der Saug- und Druckcanäle der Speisepumpe mittels des Schiebers bedarf es, namentlich bei dem Saugen der Pumpen, keiner Druckdifferenz, wie bei Ventilpumpen, um das Saugventil zu heben und die Anfüllung

der Pumpe zu ermöglichen; es genügt, daß bei einer Schieberpumpe das Speisewasserniveau nur um etwas höher liegt, als der oberste Theil des inneren Raumes der Pumpe, damit selbst das heißeste Wasser bei dem Gange des Pumpenkolbens nachfolgen kann; durch diese vollständige Füllung der Pumpe mit Wasser fällt auch das unangenehme und für die Dichtung nachtheilige Schlagen des Wassers weg, welches jederzeit eintritt, wenn sich die Pumpe nur theilweise füllt, wie es bei den Ventilpumpen stattfindet, wenn das Wasser die Wärme von 40—50° C. überschreitet. Die Schieber sind jedoch einer starken Abnützung unterworfen und geben besonders da, wo unreines Speisewasser vorhanden, Veranlassung zu lästigen Störungen und theuren Reparaturen. Eine gänzliche Vermeidung dieser Abnützung ist selbst durch die sorgfältigste Wahl des Materials zu den Schiebern und Gleitflächen nicht zu vermeiden, sondern höchstens zu vermindern, weßhalb auch die Schieber-Speisepumpe bei sehr corrosiven Speisewassern nicht angewendet werden kann.

Man ist deßhalb wieder zu den Ventilspeisepumpen zurückgekehrt, nur hat man die Einrichtung getroffen, daß das Saugventil *mechanisch geöffnet und geschlossen* wird, indem dasselbe seine auf- und abgehende Bewegung durch eine Excentrik oder ähnliche Vorrichtung erhält.

Hiedurch ist derselbe Zweck erreicht, wie mit dem Schieber; bei dem Saugen der Pumpe wird das Saugventil mechanisch geöffnet, das Speisewasser kann die Pumpe füllen, und bei dem Drucke der Pumpe ist das Saugventil bereits mechanisch geschlossen und das Wasser wird durch das Druckventil von gewöhnlicher Construktion getrieben; eine mechanische Bewegung des letzteren ist nicht nöthig, weil das Druckventil durch den Druck des Pumpenkolbens auf das Wasser sich selbst öffnen muß.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Speisepumpen mit Ventilsteuerung vortrefflich arbeiten und die Uebelstände der Schieber-

speisepumpen durch sie vollständig beseitigt werden, während deren Vortheile im vollsten Maaße in Geltung bleiben.

### 20) Vförmige Pumpe von Norton.

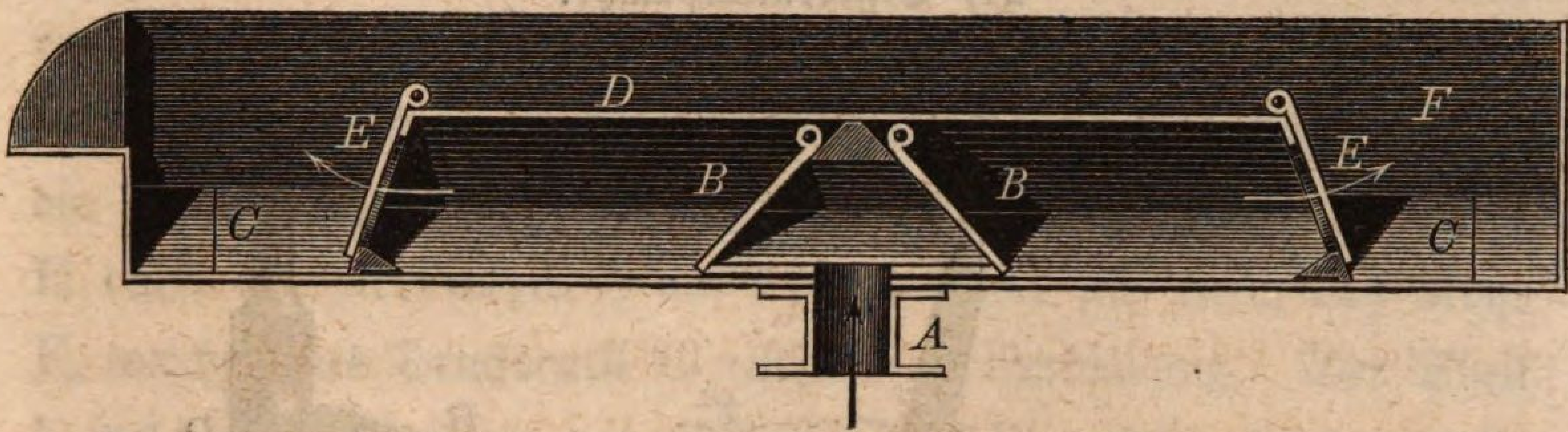



Fig. 39.

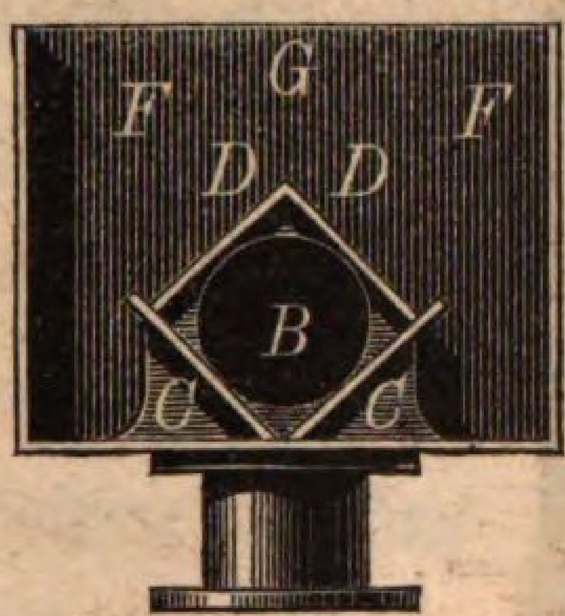



Fig. 40.

Der Pumpencylinder mit seinem cylindrischen Kolben, der einer Liderung bedarf und trotzdem häufig undicht wird, ist hier durch eine Vförmige Unterlage und einen Vförmigen Schieber ersetzt, der die Liderung entbehrlich macht, und sich ganz gleichmäßig abnutzt, selbst wenn die Bearbeitung von vornherein nicht sauber war.

A in Fig. 39 und 40 ist das Saugrohr, B sind zwei Klappenventile, die sich nach rechts und links öffnen und das Wasser in der Richtung der Pfeile austreten lassen. Diese Klappen liegen in der Mitte der Vförmigen Unterlage C, welche gemeinschaftlich mit dem Vförmigen Schieber D einen Kasten von rectangulärem Querschnitt bildet. An den Enden hat der Schieber D die Ventile EE, durch welche die Verbindung mit dem Bassin F hergestellt wird. G ist der Ablauf des gehobenen Wassers. Die Ventile sind lauter Klappenventile und leicht zugänglich, indem man nur den Schieber D abzuheben braucht.

Ertheilt man dem Schieber D eine hin- und hergehende Bewegung, so wird durch das Rohr A und eines der Ventile B ununterbrochen Wasser angesaugt und abwechselnd durch eines der

Ventile E in das Bassin F abgegeben. Soll das Wasser auf eine gewisse Höhe gehoben werden, so ersetzt man den Ansatz G durch ein Steigrohr.

## 21) Differentialpumpe.

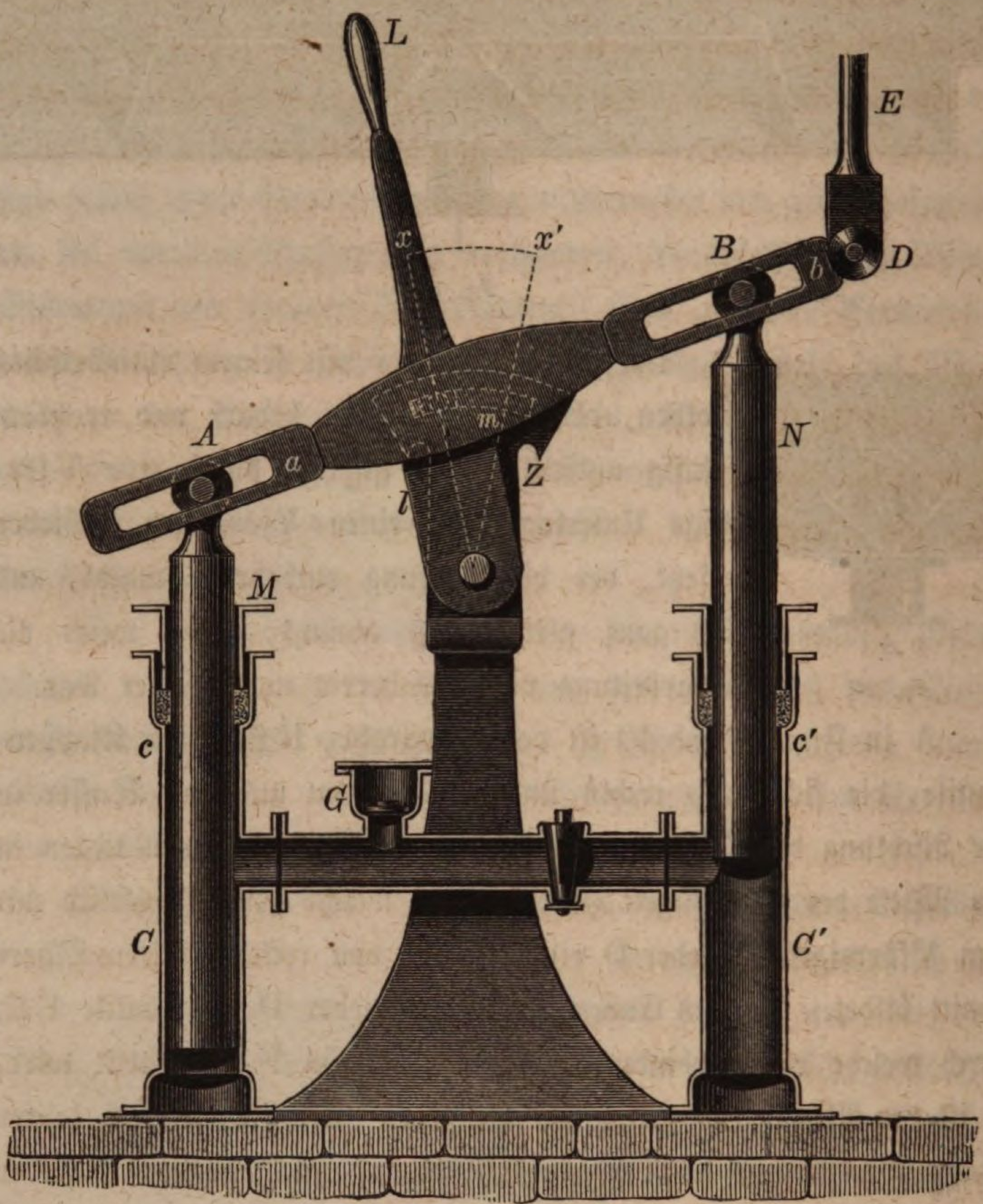



Fig 41.

Wenn an einem Schwengel zu beiden Seiten der Drehaxe gleich weite Druckpumpen, die mit einander in direkter Communikation stehen, angehängt werden, so äußern die Kolben nur dann

eine Wirkung, wenn die Schwengellängen, also auch die Hublängen der beiden Pumpen verschieden sind.

In den Pumpencylindern C und C′ (Fig. 41) bewegen sich die Kolben M und N, welche mit dem Schwengel AB durch Bolzen a und b verbunden sind. Der Schwengel AB ist mit Schlitzen versehen, in welchen die Bolzen a und b verstellt werden können und nimmt an dem Verlängerungsstück D durch die Zugstange E die Betriebskraft auf. Die Cylinder stehen mit den Saugventilen H durch die Rohrstutzen c und c′ und unter sich durch das Rohr F, welches das Druckventil G enthält, in Verbindung. Der Theil l, welcher die Drehaxe des Schwengels AB enthält, liegt gelenkig in der Gabel Z, welche den Schlitz m enthält. In diesen Schlitz greift ein Bolzen mit Gleitbacken, so daß man nur mittels des Handgriffs L den Theil l zu verschieben und in eine feste Stellung wie nach x oder x′ zu bringen braucht, um die Länge der Hebelarme am Schwengel und somit auch die Länge des Hubes der beiden Kolben M und N zu verändern: Steht der Handgriff L bei der Ingangsetzung vertikal, so sind die Hebelarme gleich und da auch die Kolbendurchmesser gleich sind, so werden sich die Saugventile nicht öffnen, die Pumpen also keine Leistung verrichten. Stellt man aber den Handgriff nach x ein, so wird der Hebelarm B länger und der Hebelarm A um denselben Betrag kürzer, der Hub des Kolbens M wird kleiner als der des Kolbens N und die Pumpe verrichtet eine Leistung, welche der Differenz der Kolbenhübe proportional ist.

Man kann diese Pumpen als Druckpumpen für hydraulische Pressen benutzen, sowie als Speisepumpen, deren Hubmenge während des Ganges veränderlich sein soll, oder als Schöpfpumpen, Wasserzähler u. s. w.

## 22) Pumpe mit biegsamem Kolben.

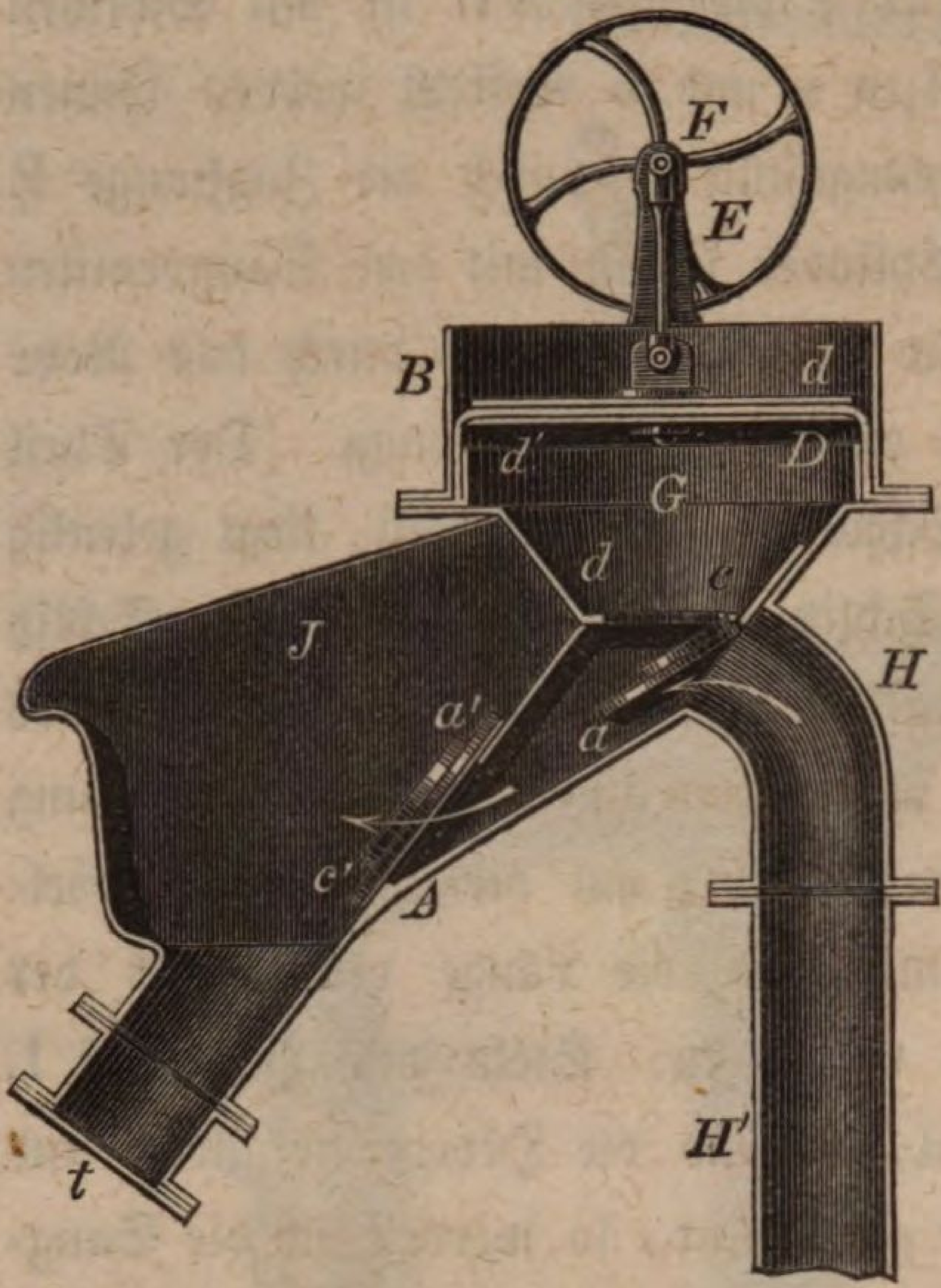



Fig. 42 a.

Vorstehende Pumpe (Fig. 42 a) zeichnet sich aus durch ihre einfache und billige Construktion, leichte Reparaturfähigkeit, vortheilhafte Anordnung der Ventile, wodurch eine leichte Reinigung und die Verwendung der Pumpe zum Heben sehr unreiner Wasser ermöglicht wird, so wie endlich dadurch, daß sie sich sowohl als Saug- und Druckpumpe verwenden läßt. Sie besteht aus einer gußeisernen Kammer A mit zwei Abtheilungen a und a′, in welchen die beiden Ventile c und c′ liegen; in dem an A angebolzten Cylinder B arbeitet der Kolben D, der aus Leder oder einem anderen biegsamen Stoffe besteht, zwischen A und B festgeklemmt ist, und so zugleich die Verbindung zwischen diesen beiden Stücken hermetisch abschließt; oben liegt das Leder zwischen den zusammengebolzten Eisenplatten dd′, die sich vertikal auf- und niederbewegen, so den Raum unter dem Leder vergrößern oder verkleinern und somit das Wasser ansaugen oder empordrücken. Die obere Platte d trägt zwei Ohren, die mit der Kurbelstange E verbunden sind; letztere steht an ihrem anderen Ende mit der gekröpften Welle P in Verbindung, die ein Schwungrad und eine Handkurbel oder Riemenscheiben trägt.

Beim Niedergange bewegt sich das Leder über den an A angegossenen Ring G und wird von dem Wasser in dem Cylinder B für gewöhnlich hinlänglich feucht gehalten. Die Abtheilung a, welche das Saugventil c enthält, trägt einen Ansatz H, auf den das Saugrohr H′ geschraubt ist; die Abtheilung a ist oben offen und mit dem Raume unter dem Leder in Verbindung, sowie auch unten offen, um das angesaugte Wasser durch das in der Kammer a′ gelegene Druckventil c′ austreten zu lassen. Die dem Ventile c′ gegenüber liegende Seite dieser Kammer ist vollständig offen und hier wird das Gefäß J aufgestellt, aus dessen oberen Theil das Wasser abfließt. Soll die Pumpe als Druckpumpe wirken, so ersetzt man das Gefäß J durch eine Eisenplatte mit Röhrenansatz, mit dem dann das Druckrohr verbunden wird. Der untere Theil der Kammer a′ endet in einen Röhrenansatz, der für gewöhnlich einen Verschluß t erhält; hier setzen sich die im Wasser enthaltenen groben Verunreinigungen ab, zu deren Entfernung nur der Verschluß t herausgenommen zu werden braucht. Der Hub des Saugventils ist durch den Ansatz n begrenzt.

Es läßt sich leicht erkennen, daß durch die Drehung der Welle F die Platten dd′, welche das als Kolben dienende Leder umfassen, eine hin- und hergehende vertikale Bewegung erhalten; beim Aufsteigen bildet sich unter dem Kolben ein luftverdünnter Raum, das Wasser im Saugrohr tritt durch das Ventil c nach der Kammer a, um beim Niedergange des Kolbens durch das Ventil c′ in das Gefäß J zu gelangen.

### 23) Pumpe ohne Kolben.

In einem metallenen, oben offenen Kegel A (Fig. 42 b) befindet sich an der einen abgeflachten Seite das Saugventil s, während sich in dem Röhrenansatze B das Druckventil d befindet. Die oben offen gelassene Basis des umgekehrten Kegels A wird

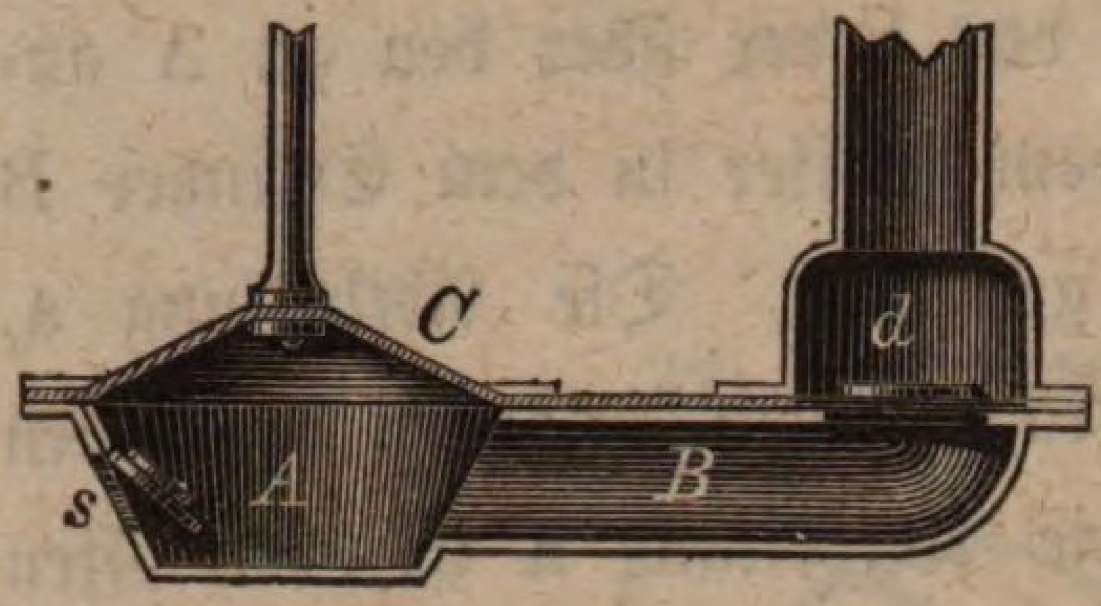



Fig. 42 b.

mit einer gut biegsamen und hinlänglich großen Leder- oder Kautschukkappe C, in deren Mitte die Kolbenstange befestigt ist, luft- und wasserdicht verschlossen, so daß durch das Aufziehen der Kolbenstange der Raum in A erweitert und beim Niederdrücken derselben dieser Raum erweitert wird. Im ersten Falle entsteht in A ein luftverdünnter Raum, das Wasser tritt durch das Saugventil s ein und wird beim Niederdrücken der Kolbenstange durch das Druckventil in das Steigrohr getrieben.

## 24) Mehrfache Pumpe.

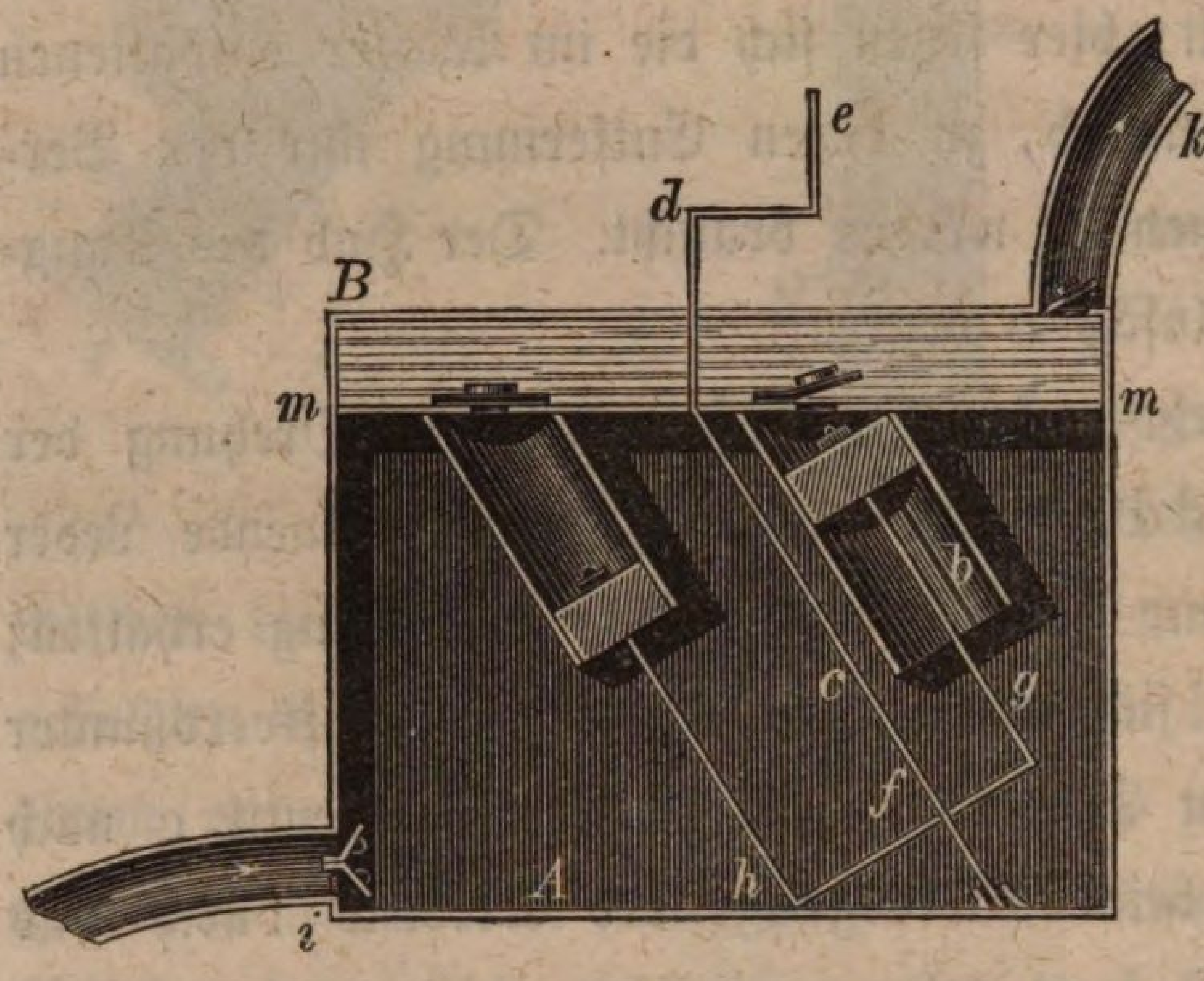



Fig. 43.

Der Kasten A in Fig. 43 dient zur Aufnahme des angesaugten Wassers, das durch i einströmt. B ist ein Raum am oberen Theile des Kastens A, welcher unten von der Platte m geschlossen ist, die um die Axe d beweglich ist, aber an den Wänden von A sich in einem Dichtungsringe dreht, so daß sie trotz ihrer Rotationsfähigkeit doch den Raum B nach unten begrenzt. Mit d durch ein Universalgelenk verbunden, geht die Welle c in geneigter Richtung durch den Raum A bis zu ihrem Lager im Boden von A. Diese Welle c trägt ein Kreuz f, wovon man in obiger Skizze nur zwei Arme sieht. Am Ende dieser Arme sind die Pumpenstangen g und h mit ihren Kolben angebracht, die

sich in den unter der Platte m befestigten Pumpencylindern (4 an der Zahl) a und b befinden. Nun ist ersichtlich, daß durch die Drehung der Welle c, was durch Drehung von d mittels Kurbel e geschieht, die Kolben in den Cylindern sich bewegen und nach einander die Stellung einnehmen müssen wie sie die Skizze zeigt. Bei der Stellung, wie sie der Cylinder a zeigt, dringt das Wasser durch Ventile im Kolben in den Cylinder, während die Stellung b zeigt, wie der Kolben das Wasser durch die Bodenventile des Cylinders in den Raum B drückt. Dieser ganze Vorgang ist äußerst sinnreich und doch sehr einfach. Die Pumpenkolben, sowie auch das Saug- und Druckrohr sind mit Klappenventilen versehen.

Wenn die Welle eine halbe Umdrehung macht, ändert jeder Kolben seine Lage gegen seinen Cylinder. Während der Kolben seinen Weg innerhalb des Cylinders zurücklegt, saugt er bei der einen halben Umdrehung eine seinem Wege entsprechende Wassermenge in seinen Cylinder ein und drückt diese bei der nächsten halben Umdrehung in den Kasten B.

Die Pumpe wirkt in gleicher Weise, mag man der Welle eine ununterbrochene Drehung in einer Richtung ertheilen oder eine abwechselnd links und rechts gehende Drehung; denn in beiden Fällen geht der Kolben aus der tiefsten Stellung in die höchste und umgekehrt und pumpt dabei das Wasser in den Deckelraum.

## b. Rotirende Pumpen.

### 1) Von Robert Baines.

a in Fig. 44 bezeichnet ein in einem entsprechenden Gestell gelagertes Bett, b ein Rad mit Druckwalzen c, welche gegen ein biegsames in dem hohlen Bette a liegendes Rohr wirken. Die Axe des Rades b wird von Hand mittels einer Kurbel oder durch Elementarkraft in drehende Bewegung gesetzt. Das biegsame Rohr besteht aus Kautschuk oder einem anderen kräftigeren Material,

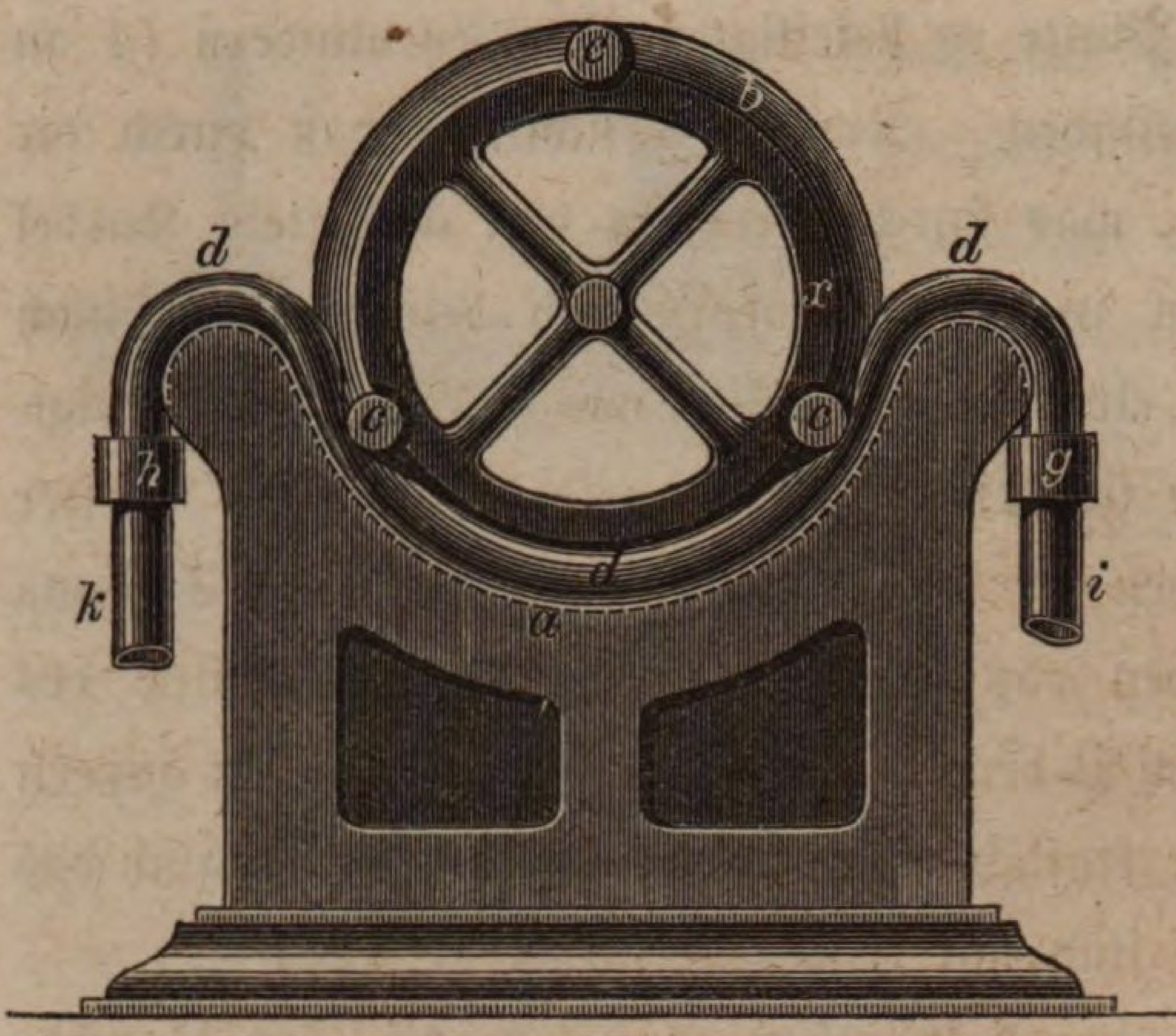



Fig. 44.

welches die Fähigkeit hat, sich durch sich selbst auszudehnen und durch Erzeugung eines luftverdünnten Raumes das Wasser nachzusaugen. An den Enden des biegsamen Rohres befinden sich metallene Mundstücke g und h, von denen das eine mit dem Saugrohr i und das andere mit dem Steigrohr k verbunden ist. Wenn eine der Druckwalzen am Punkte x ankommt, so drückt sie das biegsame Rohr d zusammen und schiebt bei ihrer fortgesetzten Bewegung das in dem Rohre enthaltene Wasser vor sich her, wodurch das im Steigrohr enthaltene Wasser zum Austritt gelangt. Hinter der Walze dehnt sich das Rohr sofort wieder aus, wodurch die in demselben enthaltene Luft verdünnt und das Wasser im Saugrohr nachgesaugt wird. Soll die Pumpe ununterbrochen Wasser abgeben, so versieht man sie entweder mit einem Windkessel oder man bringt oberhalb des Rades b ein zweites concaves Bett mit einem biegsamen Rohr an; die Saug- und Druckrohre müssen in letzterem Falle doppelt vorhanden und durch Zweigrohre mit einander verbunden sein. Es können auch mehrere biegsame Rohre neben einander gelegt werden, die dann sämmtlich in der beschriebenen Weise durch ein einziges Rad b mit seinen Druckwalzen c in Betrieb gesetzt werden.

2) Rotirende Pumpe von J. Knott.

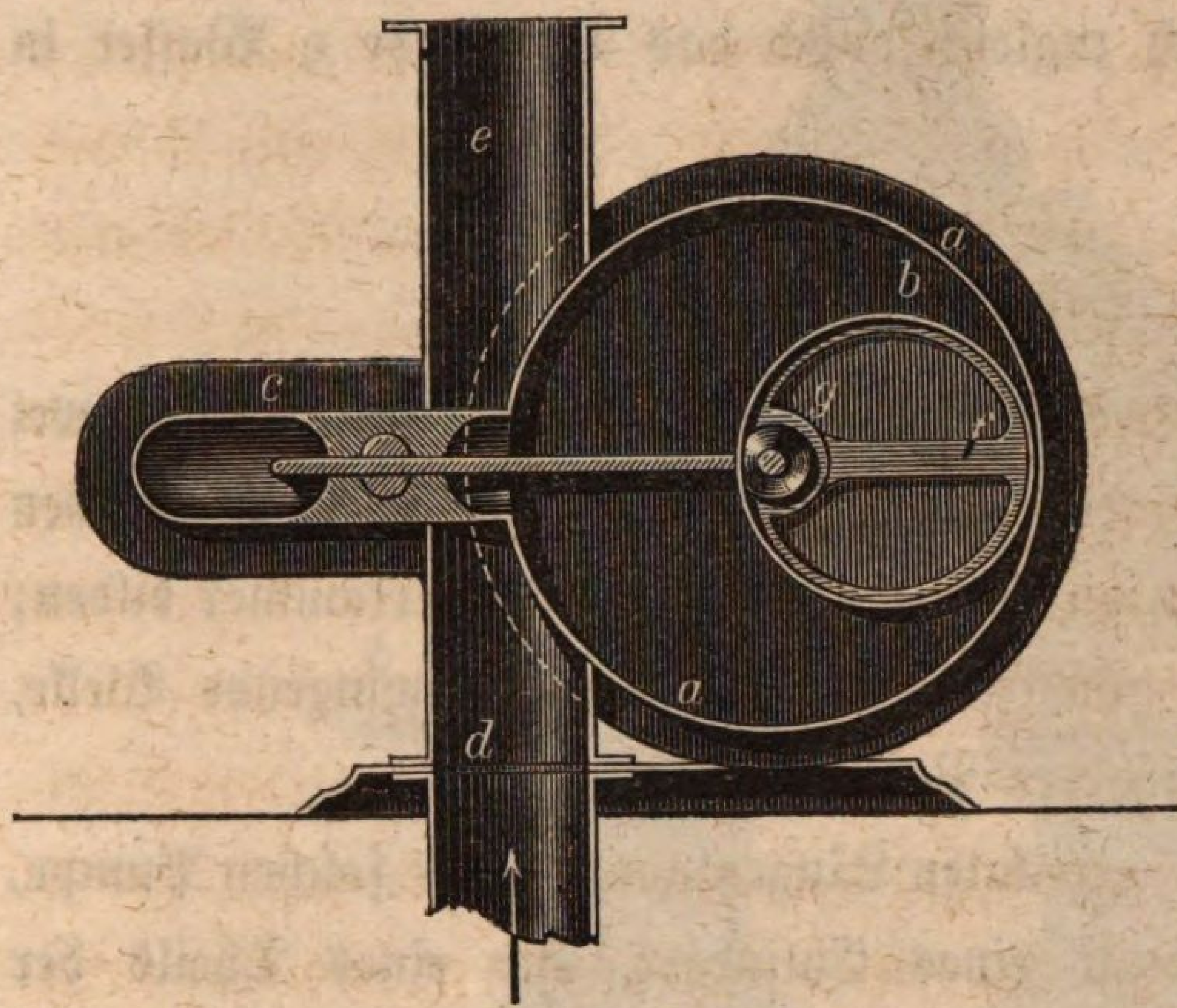



Fig. 45.

In dem cylindrischen Pumpenkörper (Fig. 45) bewegt sich ein Kolben von der Gestalt einer excentrischen Scheibe. Diese Scheibe steckt auf einer Spindel, die in der Axe des Cylinders liegt, und bewegt sich innerhalb eines Ringes, der sie über ihren ganzen Umfang umfaßt. Mit dem Ringe ist ein Schieber verbunden, der auf der einen Seite des Cylinders durch die ausgesparte Wand desselben austritt und durch eine als Führung dienende Pfanne geht; er bildet eine bewegliche Scheidewand und theilt den Cylinder in zwei Abtheilungen, von denen die eine mit dem Saugrohr und die andere mit dem Steigrohr communicirt. Die Pfanne, durch welche der Schieber gelegt ist, schließt wasserdicht ab und ist einer schwingenden Bewegung fähig, wodurch sie sich den Seitenablenkungen des Schiebers anpaßt. Auf diese Weise werden alle Ventile entbehrlich und die Pumpe giebt einen continuirlichen Strahl.

a bezeichnet den Pumpencylinder, b den beweglichen Kolben, b′ den Schieber, der durch die wasserdicht schließende, bewegliche Pfanne c hindurchgeht, d den Stutz für das eintretende und e den Stutz für das austretende Wasser. Die excentrische Scheibe f, welche innerhalb des Kolbenringes b liegt, ist auf die Welle g aufgekeilt, die durch den Cylinder a in dessen Axenrichtung hindurch fortgesetzt ist und unter wasserdichtem Schluß aus demselben

austritt, wo die Triebkraft angebracht wird. Die excentrische Scheibe g pflanzt die ihr ertheilte Bewegung auf den Kolbenring b fort und saugt dabei nicht nur aus dem Saugrohr d Wasser an, sondern drückt auch zugleich durch das Druckrohr e Wasser in die Höhe.

### 3) Doppeltrotirende Pumpe.

Diese Pumpe besteht in ihrer einfachsten Gestalt aus zwei schüsselförmigen kreisrunden Theilen, welche durch ihre Flantschen so mit einander verbunden sind, daß sie eine Wasserkammer bilden; durch diese geht quer hindurch eine horizontal schwingende Welle, an welcher ein oder mehrere Pumpenkolben sitzen.

Fig. 46 zeigt den vertikalen Längenschnitt einer solchen Pumpe, Fig. 47 den Durchschnitt eines Cylinders und eines Theils der Wasserkammer und Fig. 48 den Vertikaldurchschnitt der Ventil- und Wasserkammer. Die Pumpenkammer Fig. 46 ist durch feste Wände a, welche sich von der in der Mitte liegenden Welle b nach dem inneren Umfange der Wasserkammer erstrecken, in zwei Abtheilungen A und B getheilt und jede dieser Abtheilungen zerfällt wieder in zwei Kammern, in welchen die an der schwingenden Welle c sitzenden Kolben c und c′ arbeiten. Ueber der Pumpenkammer befindet sich eine Wasserkammer C, welche durch eine vertikale Scheidewand d in zwei Abtheilungen getheilt ist; jede dieser Abtheilungen enthält ein Eintrittsventil e und ein Austrittsventil f, welche in jeder Abtheilung der Wasserkammer vertikal über einander liegen. Die Kolben bestehen aus flachen Metallscheiben von solcher Länge, daß sie den inneren Durchmesser des Pumpenkörpers genau ausfüllen, und jede Scheibe enthält einen durch die Welle b hindurch fortgesetzten Wasserweg. Die Ränder der Kolben sind mit einer Hanf- oder irgend einer anderen geeigneten Liderung versehen, damit sie wie bei allen anderen Pumpen wasserdicht gegen den Cylinder abschließen.

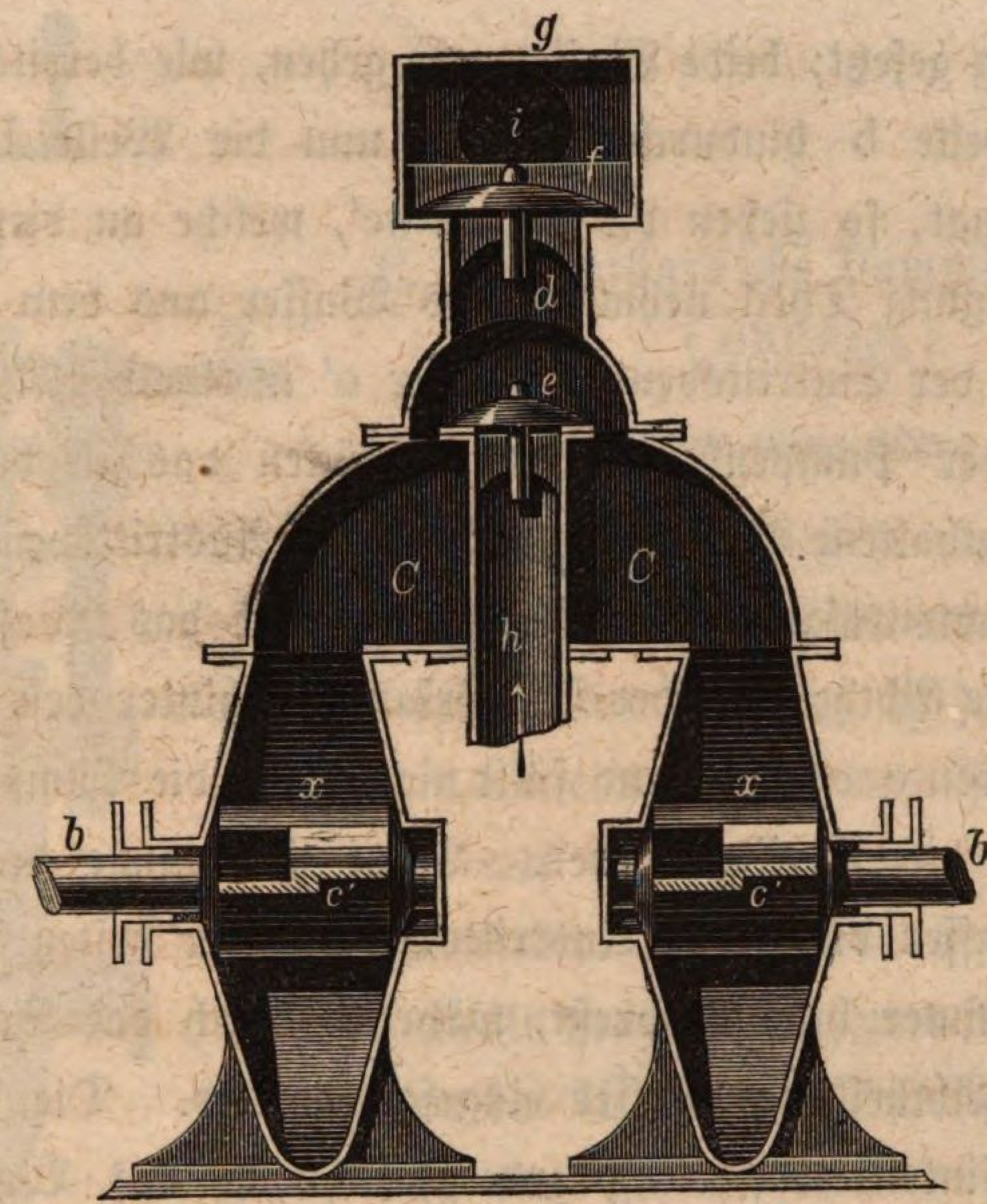
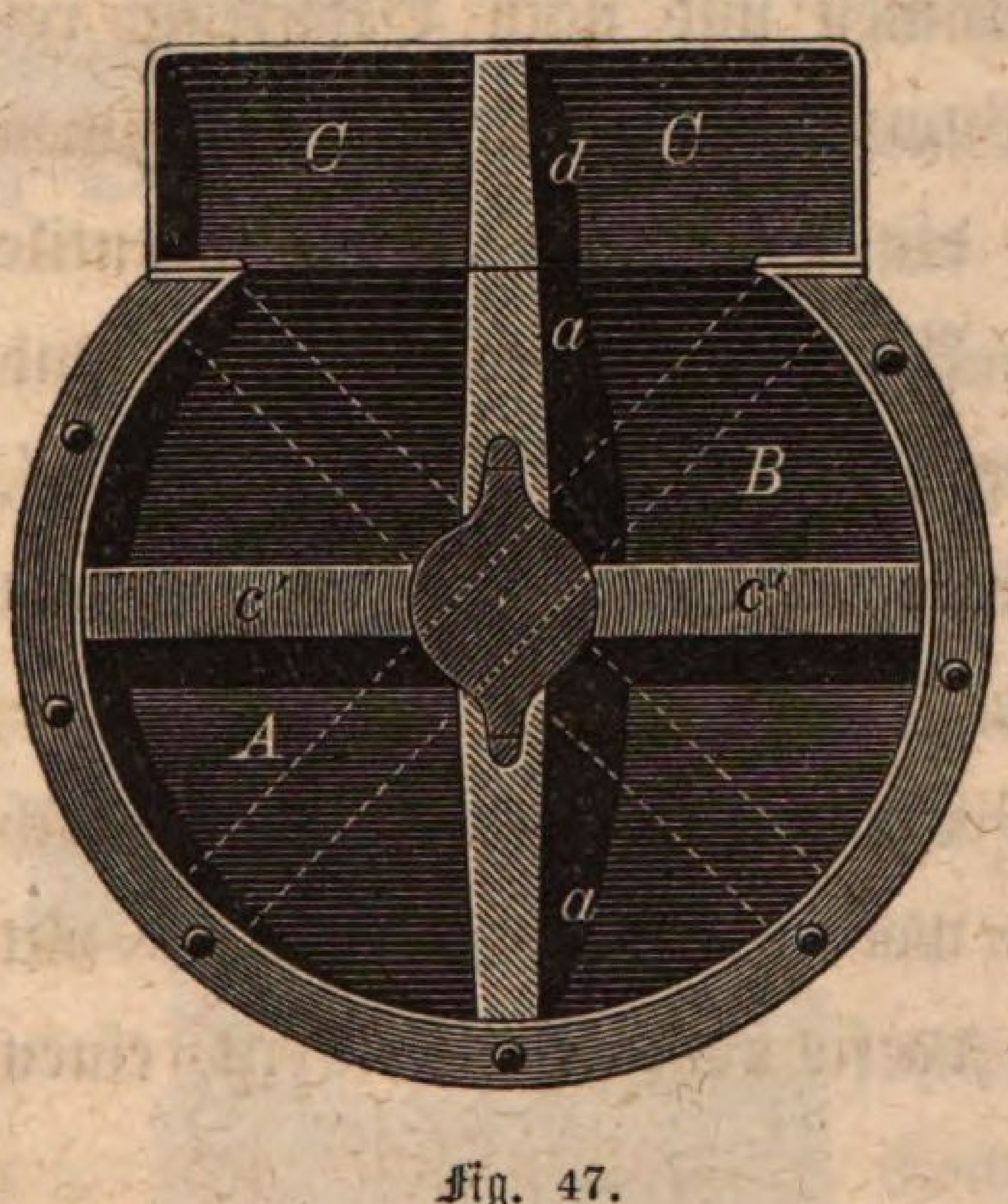



Fig. 46.



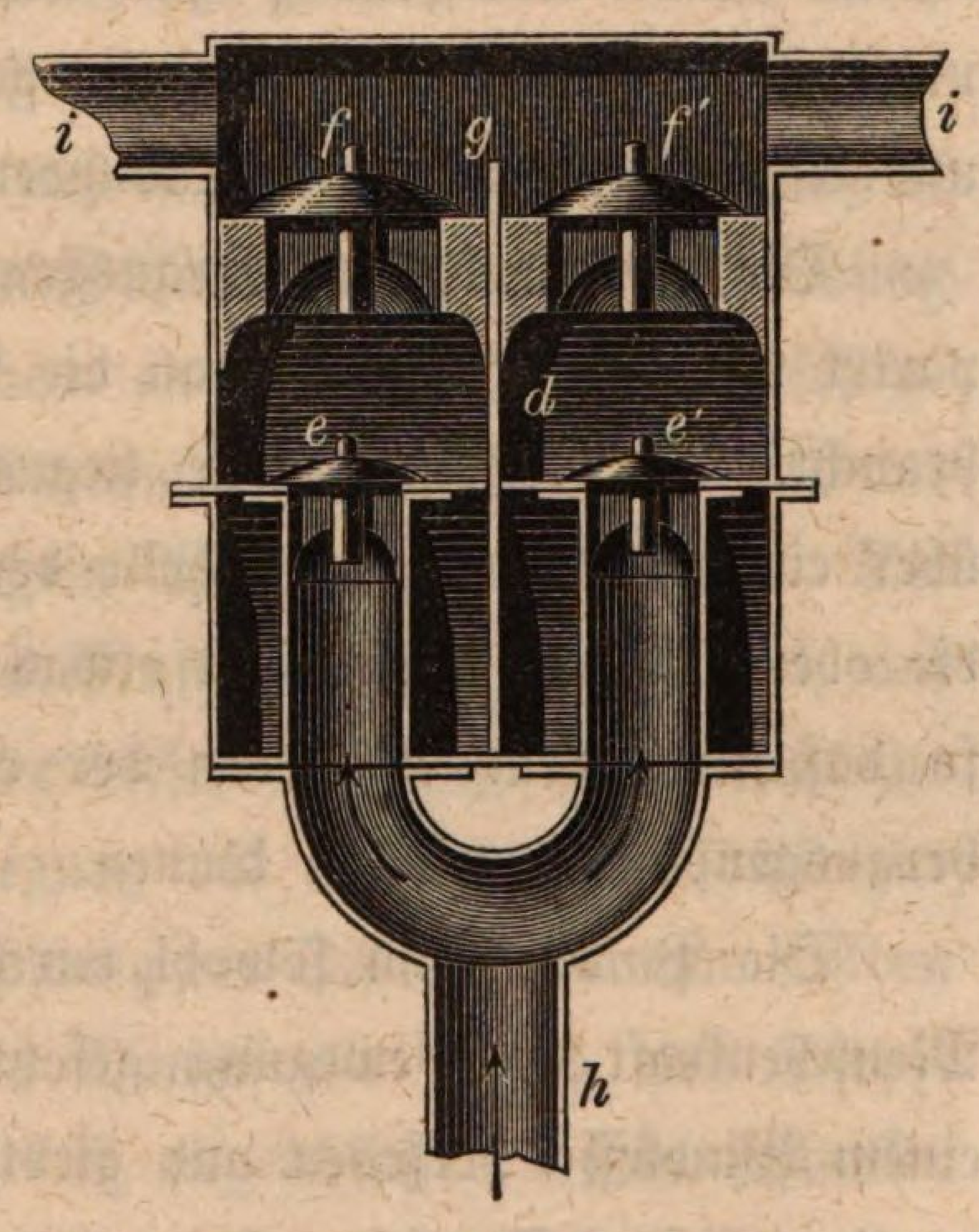




Fig. 47. Fig. 48.

Die beiden Kolben c und c′ liegen neben einander im Cylinder und sind durch Wasserwege von dem vorderen Theile des einen Kolbens nach dem hinteren Theile des anderen und umgekehrt

in Verbindung gesetzt; beide Wasserwege gehen, wie bereits erwähnt, durch die Welle b hindurch. Wenn nun die Welle b in ihren Lagern schwingt, so ziehen die Kolben cc', welche an dieser schwingenden Bewegung Theil nehmen, das Wasser aus dem Saugrohr h durch eines der Eintrittsventile e oder e' in eine der Abtheilungen A oder B der Pumpenkammer und drücken das in der anderen Abtheilung enthaltene Wasser durch eines der Austrittsventile f oder f' in die Austrittskanäle i. Gleichzeitig tritt das Wasser in die entgegengeseete Abtheilung der Wasserkammer hinter den vorwärtsgehenden Kolben c oder c' und füllt nicht allein die Pumpenkammer, sondern auch die Wasserkammer. Beim Rückgange des Kolbens wird das Wasser durch das Austrittsventil f der ersten Abtheilung der Wasserkammer hinausgepreßt, während durch das Saugventil e der anderen Abtheilung Wasser eingesaugt wird. Die Pumpe ist mit einem Eintrittswasserweg zur Zuführung des Wassers und einem Austrittswasserweg zur Abführung des Wassers versehen, und die Ventilkammern sind in geeigneter Weise mit diesen Ein- und Austrittswasserwegen verbunden.

Die Ventile können herausgenommen und nach Bedürfniß reparirt werden, ohne daß man die Pumpe auseinander zu nehmen braucht. Zu diesem Zwecke liegen die Ein- und Austrittsventile über einander im oberen Theile der Wasserkammer, Fig. 48, und die oberen f und f' sind um etwas größer als die unteren e und e', so daß nach dem Ausheben der oberen Ventile auch die unteren herausgenommen werden können.

Die Pumpe kann sowohl durch Elementarkraft als auch durch Menschenkraft in Bewegung gesetzt werden, wird gewöhnlich mit einem Windkessel versehen und giebt, da sie doppeltwirkend ist, einen continuirlichen Strahl.

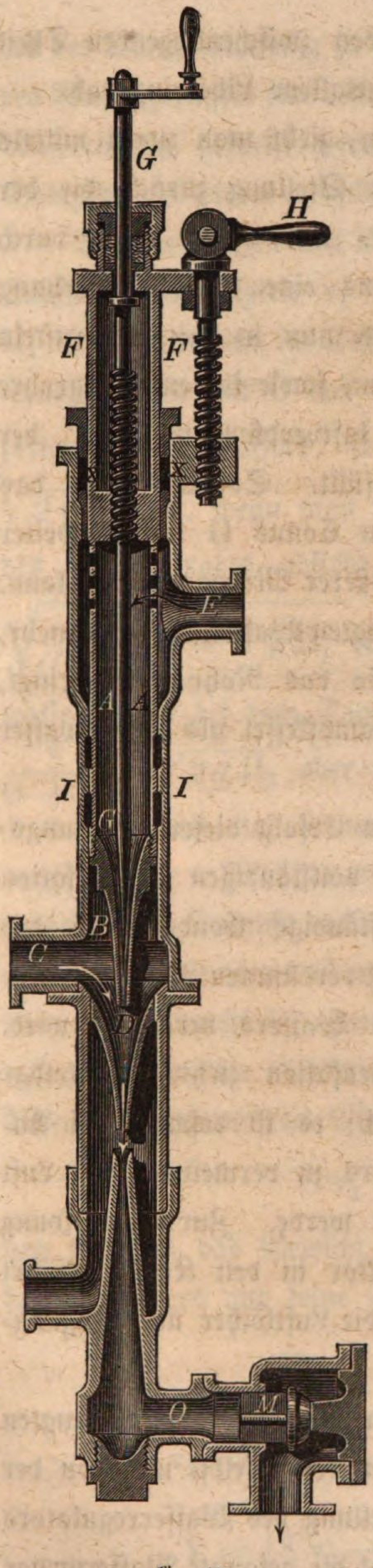


Fig. 49.

## C. Die Giffard'sche Dampfstrahlpumpe (Injektor).

### 1) Allgemeine Einrichtung derselben.

Der Injektor besteht nach seiner gewöhnlichen Construktion aus einem äußeren Cylinder I (Fig. 49), in welchen auf der einen Seite das Dampfrohr E und auf der anderen das Saugrohr C einmündet. Ein Kolben F im Cylinder I theilt denselben in zwei Abtheilungen, eine bei E, die als Dampfraum dient, und eine bei C für das Saugwasser. Dieser Kolben nimmt den Dampf durch eine Anzahl Bohrungen in seinem Innern auf und endigt auf der Wasserseite in eine Düse D, durch deren Entfernung von dem am äußeren Cylinder befestigten Schornstein D die Menge des angesaugten Wassers regulirt wird. Die Kurbel H und die Schraubenspindel, auf welcher dieselbe befestigt ist, dienen zur Bewegung des Kolbens und somit zur Einstellung der Düse. Ueber dem Kolben ist der Dampfraum durch eine Stopfbüchse X abgeschlossen. Ein schlanker Conus G im Innern des Kolbens mündet in diese und regulirt die Durchgangsöffnung für den Dampf. Um eine dichte Verbindung zwischen Dampf- und

Wasserraum herzustellen, dichtet man den zwischenliegenden Theil des Kolbens A durch Hanfzöpfe oder metallene Liderringe ab.

Um den Apparat in Gang zu setzen, zieht man zuerst mittels des Getriebes H den Regulator in die Stellung zurück, die der herrschenden Dampfspannung entspricht, und öffnet dann durch Zurückziehen des Conus G um höchstens eine halbe Umdrehung die Düse ein wenig. Der Dampf kann nun in den Schornstein ausströmen; er nimmt dabei die in diesem, sowie in dem Saugrohre enthaltene Luft mit und erzeugt einen luftverdünnten Raum, der sich alsbald mit nachgesaugtem Wasser füllt. Sobald einmal das Saugen begonnen hat, zieht man den Conus G immer weiter zurück, so daß der Dampf in immer größerer Menge zutreten kann. Derselbe condensirt sich an dem nachgesaugten Wasser, das nunmehr, in Folge der Condensation erwärmt, in das Rohr O eindringt, das Ventil M zurückstößt und in den Dampfkessel als Speisewasser übergeht.

Hauptbedingung für den praktischen Erfolg dieser Speisungsmethode ist, daß die Wassermenge zur vollständigen Condensation der Dampfmenge genüge. Die vollständige Condensation des Dampfes ist schon zur Erhaltung des luftverdünnten Raumes nothwendig, wodurch das Nachströmen des Wassers veranlaßt wird. Eine mangelhafte oder verzögerte Condensation zieht unmittelbar eine Störung der Kesselspeisung nach sich; es ist deßhalb bei Anwendung der Dampfstrahlpumpe besonders zu vermeiden, daß Luft dem ausströmenden Dampfe beigemischt werde. Zur Vermeidung der Gefahr, daß Luft durch den Injektor in den Kessel geführt werden könne, empfiehlt Girard selbst, die Luftlöcher nach Ingangsetzung des Apparates zu schließen.

Die Menge des durch den Injektor pr. Sekunde eingesaugten Wassers hängt von dem Dampfdrucke im Kessel selbst und von der innerhalb gewisser Grenzen variablen Stellung des Wasserregulators ab. Unter sonst gleichen Umständen nimmt die gesaugte Wassermenge

mit der Dampfspannung zu und ab, dagegen kann mittels Regulirung des Wasserzuflusses eine beliebige, zwischen gewissen Grenzen begriffene Wassermenge gespeist werden und sind diese Grenzen nach dem Dampfdrucke wieder verschieden.

Bezeichnet man mit H die Höhe einer Wassersäule, welche der Ausflußgeschwindigkeit $v_1$ des Speisewasserstrahles entspricht, mit $H_1$ den Gegendruck im Kessel, mit v die Ausflußgeschwindigkeit des Dampfes und mit G das Gewicht des pr. Kilogramm Dampf mit fortgerissenen Wassers, so hat man nach Combes: $\frac{v}{G+1} = \sqrt{2gH}$ und, wenn man von den Reibungen und der Contraktion des Wasserstrahls absieht, so muß $v_1 = \sqrt{2g(H - H_1)} = \sqrt{\frac{v^2}{(G+1)^2} - 2gH_1}$ sein. Die Geschwindigkeit $v_2$ des Dampfwasserstrahls bei dem Durchgange durch das Mundstück ist $v_2 = \frac{v}{G+1} = \sqrt{2gH_1}$ oder $v_2 = \sqrt{{v_1}^2 + 2gH}$.

Bezeichnet man ferner mit V das Volumen des pr. Sekunde angesaugten Wasserquantums, mit $V_1$ das Volumen des aus condensirtem Dampfe entstandenen Wassers, mit $V_2$ das Volumen des nicht condensirten Dampfes, mit S den Querschnitt der Mündung des Mundstückes, mit $\delta$ die Dichtigkeit des Dampfes und mit $v_2$, wie oben, die Geschwindigkeit des Dampfwasserstrahls bei dem Durchgange durch das Mundstück, so hat man

$$S v_2 = V + V_1 + V_2$$

und wenn G das Gewicht des pr. Kilogramm Dampf angesaugten kalten Wassers und seine Dichtigkeit = 1

$$V_1 + V_2 \delta = \frac{V}{G}, \text{ woraus:}$$

$$S v_2 = \frac{V(G+1) + V_2 G (1 - \delta)}{G} \text{ oder}$$

$$V = [S v_2 - V_2 (1 - \delta)] \frac{G}{G+1} \text{ und}$$

$$V_2 = \frac{S\,v_2\,G - V\,(G + 1)}{G\,(1 - \delta)}.$$

Die Temperatur des Speisewassers hängt von der ursprünglichen Temperatur desselben, von der Dampfspannung und dem Dampfquantum und endlich von dem Verhältniß zwischen letzterem und dem Wasserquantum ab.

Bei constanter Dampfspannung aber wird die dem Wasser ertheilte Temperaturerhöhung lediglich durch die Stellung des Wasserregulators bedingt. Da nämlich die vom ausströmenden Dampfe abgegebene Wärmemenge bei constantem Kesseldrucke ebenfalls constant bleibt, so steht die Temperaturerhöhung des Wassers im umgekehrten Verhältniß zur Wassermenge. Demnach läßt sich von der Temperaturerhöhung auf die Wassermenge schließen.

Das Verhältniß des verbrauchten Dampfes zum gespeisten Wasser, welches man die relative Leistung des Apparates nennen kann, fällt um so ungünstiger aus, als der Druck höher steigt, ein Umstand, welcher übrigens bei allen möglichen Dampfpumpen vorkommt. Bei 10 Atmosphären arbeitet die Dampfstrahlpumpe mit kaltem Wasser noch sicher, was durch die Erfahrung hinlänglich bewiesen ist. Da größere Spannungen als 10 Atmosphären gegenwärtig noch gar nicht und wahrscheinlich auch nicht in der Zukunft zur praktischen Benutzung kommen, so kann mit Recht behauptet werden, daß in Bezug auf hohen Dampfdruck der Giffard'sche Injektor allen Anforderungen der Praxis entspricht.

Die Temperatur des vorgewärmten Speisewassers darf bei Anwendung der Dampfstrahlpumpe gewisse Grenzen nicht überschreiten. Da nämlich der ganze Vorgang auf der Condensation des Dampfes beruht, so darf das Saugwasser im Voraus nicht schon derart erwärmt sein, daß es die Condensation zu bewirken nicht mehr im Stande wäre. Folgende Zusammenstellung enthält die für verschiedene Werthe der Dampfspannung höchsten zulässigen Temperaturen des Wassers vor der Speisung:

Dampfüberdruck in Atmosphären: $^1/_2$ · 1 · $1^1/_2$ · 2 · 3—6.
Temperatur des Saugwassers
in Graden nach Réaumur: 52°·47°·43°·41°·40°—35°.

Bei Condensations-Dampfmaschinen ist das Saugen des Apparates zu vermeiden, da warmes Wasser von demselben nur schwer gesaugt wird. Auch bei geringen Dampfspannungen ist nur eine geringe Saughöhe zulässig, namentlich bei Ingangsetzung; von 3 Atmosphären an kann man den Apparat um 3,5 Meter tiefer als den Wasserspiegel im Kessel aufstellen, so daß zwischen dem Niveau des Speisewasserbassin und des Kesselwassers eine Differenz von 5 Atmosphären zulässig ist. Bequem ist es übrigens nie, den Apparat tiefer als den Kessel aufzustellen, weil man dann wegen des bedeutenden Wasserstandes im Druckrohre nicht so viel Wasser geben kann und wegen der erforderlichen Temperatur im Druckrohre mit kälterem Wasser speisen muß.

Die Leistung der Dampfstrahlpumpe als Pumpe überhaupt ist eine äußerst geringe, denn während für gewöhnliche Dampfpumpen 1 Pfund Dampf zur Förderung von 100 bis 200 Pfund Wasser unter einem der Dampfspannung gleichkommenden Gegendrucke genügt, so kann die Dampfstrahlpumpe mit 1 Pfund Dampf kaum 10 bis 20 Pfund Wasser fördern. Die Dampfstrahlpumpe z. B., welche zum Heben der Grubenwässer aus 64 Fuß Tiefe auf der Steinkohlengrube Iduna bei Bochum in Verwendung ist, gewältigt pr. Minute 10 bis 12 Cubikfuß (0,3—0,36 Cubikmeter) Wasser und erwärmt dasselbe von 10° auf 23° C. Es werden demnach pr. Pfund gehobenen Wassers 15 Wärmeeinheiten oder $\frac{15}{640}$ Pfund Dampf gebraucht. Rechnet man dagegen bei einem Betriebe mit Dampfmaschine vermittels einer durch Gestänge betriebenen Kolbenpumpe 80 Pfund Dampf pr. Stunde und Pferdestärke Nutzleistung, während die zum Heben von 1 Pfund Wasser pr. Sekunde auf 64 Fuß (21 Meter) nöthige Kraft $= \frac{64}{480}$ Pferde-

stärken ist, so sind zu letzterer Arbeit $\frac{80}{3600} \cdot \frac{64}{480}$ Pfund Dampf erforderlich; demnach verbraucht die Dampfstrahlpumpe $\frac{15 \cdot 3600 \cdot 480}{640 \cdot 80 \cdot 64}$ $= 7{,}9$ mal so viel Dampf als eine Dampfmaschine. Die Verwendung des Apparates ist folglich nur dann ökonomisch, wenn die Temperatur des geförderten Wassers von Wichtigkeit, wie dieß besonders bei Speisung der Dampfkessel der Fall ist. Die Dampfstrahlpumpe ist deßhalb speciell ein Kesselspeisungsapparat.

Wenn auch durch Einführung der Dampfstrahlpumpe keine Ersparung an Brennmaterial möglich ist, so besitzt dieselbe doch wesentliche Vorzüge. Der Apparat kann in beliebiger Lage bei dem Kessel, unabhängig von der Maschine angebracht werden. Die Herstellung ist wenig kostspielig und die Unterhaltungskosten fallen beinahe ganz weg. Der Mechanismus der Dampfmaschinen wird durch Weglassung der Speisepumpen vereinfacht, die Speisung des Kessels kann bei einem schwachen Dampfdruck erfolgen, welcher zur Ingangsetzung der Maschine nicht hinreichend wäre. Für Locomotivkessel ersetzt der Injektor, da er von der Bewegung der Maschine ganz unabhängig ist, sowohl die Excentrik- als die Noth- oder Dampfpumpe. Eine Menge Betriebsstörungen, welche durch Einfrierungen oder Beschädigungen an den Pumpen verursacht werden, können künftig ganz vermieden werden. Ferner wird durch stete Speisung mit warmem Wasser der Kessel sehr geschont, das Rohrrinnen vermindert und die Dampfspannung leichter erhalten. Am Bord eines Schiffes kann die Dampfstrahlpumpe außer der wichtigen Raumersparniß bei der Kesselspeisung auch noch andere beträchtliche Dienste leisten; sie kann als Feuerspritze oder als Schöpfwerk benutzt werden. Ueberall wo Verwendung von heißem Wasser mit Hebung desselben verbunden ist, wird die Dampfstrahlpumpe mit Vortheil verwendet. Dieß ist vorzüglich bei Badeanstalten und Färbereien, nebenbei auch bei zahlreichen anderen Industriezweigen der Fall.

An Oertlichkeiten, wo der Brennstoff werthlos, die Erhaltung der Maschinen aber kostspielig ist, wie z. B. in Kohlengruben, kann die Dampfstrahlpumpe selbst als Schöpfwerk gegen die mechanischen Vorrichtungen in die Schranken treten.

Am Josephaschachte überwindet eine Dampfstrahlpumpe mit Leichtigkeit bei einer 1zölligen Rohrleitung von 56 Fuß (17 Meter) und 3 Fuß (0,9 Meter) Saughöhe diese Gesammthöhe sowohl bei einem Dampfdrucke von 28 Pfund als auch noch bei einem solchen von 19 Pfund. Robinson giebt an, daß man mit einem Injektor bei 3 Atmosphären Spannung aus einer Tiefe von 261 Fuß engl. (80 Meter) aufsaugte. Ein anderer Injektor förderte pr. Stunde 3500 Liter Wasser auf 24 Fuß (7 Meter) Höhe bei 2 Atmosphären Dampfüberdruck.

Setzt man die Mündung des Abflußconus eines Injektors gleich 1, so ist der Durchmesser der Mündung des Mischungsconus gleich 1,3 mal so groß zu nehmen, und derjenige der Mündung des Zuflußconus gleich 1,4 bis 1,5 mal so groß. Die bezüglichen Querschnitte der Mündungen stehen also in den Verhältnissen wie 0,7854 : 1,30 : 1,539 bis 1,767, woraus sich ergiebt, daß der Querschnitt der Mündung des Zuflußrohres am größten ist, und etwa das Doppelte von dem des Abflußconus beträgt. Die Capacität des Apparates wird in der Praxis nach dem Durchmesser des Eintrittsconus, in Millimetern gemessen, bestimmt. Bezeichnet n die Nummer des Apparates oder den Durchmesser des engsten Querschnittes im Druckrohre nach Millimetern, p den Dampfdruck in Atmosphären und W die zu speisende Wassermenge pr. Stunde in Cubikmetern, so ist nach Robinson:

$$W = 28{,}4811^2 \sqrt{p} \text{ oder}$$

$$n = \sqrt{\frac{W \sqrt{p}}{28{,}48\, p}}.$$

Die ursprüngliche Construktion der Dampfstrahlpumpe hat schon

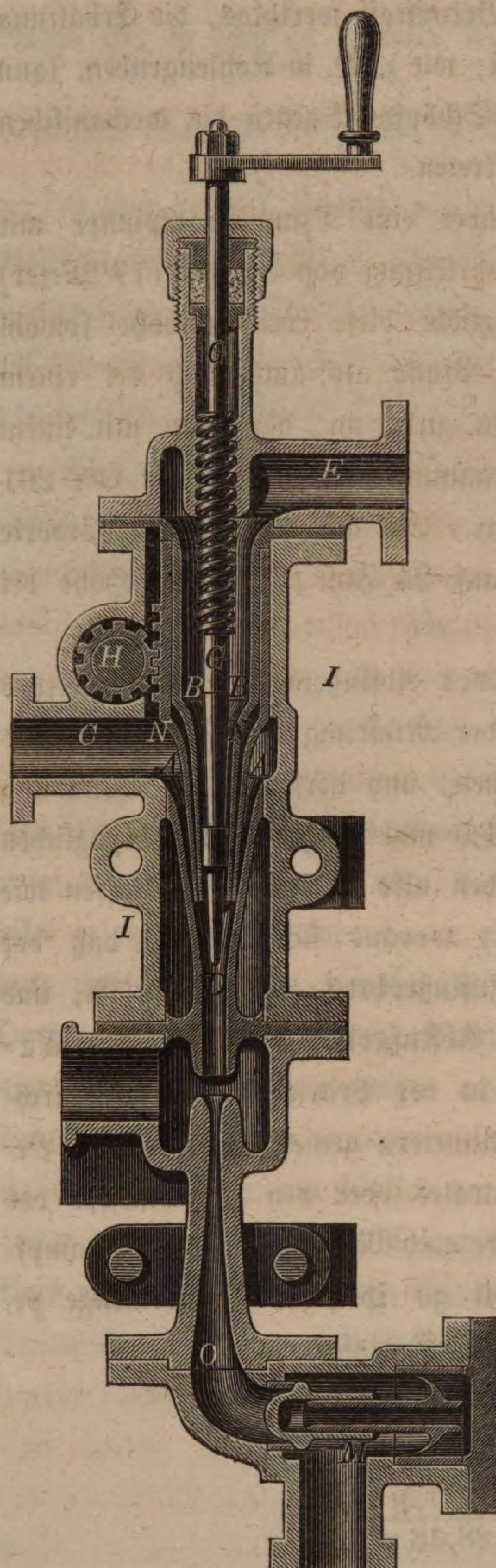


Fig. 50.

mehrfache und wesentliche Verbesserungen erfahren, wovon ich im Nachfolgenden die bedeutenderen mittheile.

2) **Verbesserter Injektor von Turk.**

Diese neue Construktion des Injektors hat gar keine Dichtungen. Bei den gewöhnlichen Apparaten ist nämlich der Theil des Kolbens A (Fig. 50), welcher zwischen Dampf- und Wasserraum liegt, mittels einer Hanf- oder Metallliderung gedichtet. Diese Dichtungen bei einer einigermaßen hohen Spannung dicht zu halten, ist kaum möglich, obwohl davon die Brauchbarkeit des Injektors abhängig ist. Bei der verbesserten Construktion von Turk ist nun außerhalb der Düse B und unabhängig von derselben ein Wasserregulator A verschiebbar, welcher vollständig im Wasserraum C liegt und mit dem Dampfe in keinerlei Verbindung kommt; er ist also auch von keiner Seite einem Drucke unterworfen und kann daher weder Dampf ausnoch Luft eintreten lassen. Die Düse B, welche hier gleichsam nur das Ende des Dampfrohres E

bildet, ist mit diesem an derselben Stelle verbunden wie der Mantel I; der Dampf ist also von der Wasserkammer vollständig abgetrennt und kann mit dieser in gar keine Verbindung treten, außer durch die Mündung der Düse, wenn man, um den Apparat in Gang zu setzen, den Conus G zurückzieht. Am Wasserregulator befindet sich eine Zahnstange, welche durch ein Getriebe H, das in einer Aussparung des Wasserraumes aufgelagert ist, in Bewegung gesetzt werden kann; dadurch wird das konische Ende des Regulators dem Schornsteine D mehr oder weniger genähert und die Größe der Saugöffnung der herrschenden Spannung entsprechend bestimmt. An der Axe des Getriebes H sitzt ein kleiner Hebel K mit einem getheilten Bogen, der vermittels eines federnden Schließhackens dem Bedürfniß angemessen eingestellt werden kann. Die Regulirung des Wassers und des Dampfes kann deßhalb ganz unabhängig von einander vorgenommen werden.

Da der Wasserregulator A die Wasserkammer vollständig isolirt, so kann das in der letzteren enthaltene Saugwasser mit der Düse, durch welche der Dampf ausströmt, in gar keine Berührung kommen; vielmehr befindet sich zwischen beiden ein Spielraum N, welcher ebenso die Erwärmung des Wassers, wie die Abkühlung des Dampfes verhindert. Diese Anordnung, welche die erwähnten Uebelstände vollständig beseitigt, ist von sehr großer Wichtigkeit und hat einen wesentlichen Einfluß auf die Saughöhen und die Temperatur des Saugwassers, auf die Grenzen der Spannungen, innerhalb welcher der Apparat arbeiten kann, auf die Menge und Regulirbarkeit des Speisewassers, auf die Leichtigkeit der Ingangsetzung und auf die Schnelligkeit und Zuverlässigkeit der Wirkung.

Versuche an einer feststehenden Dampfmaschine haben ergeben, daß man Wasser von 15° C.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| bei 1,25 | Atmosphären | Dampfspannung | 0,1 | Meter |
| » 1,50 | » | » | 0,4 | » |
| » 2,00 | » | » | 0,9 | » |

bei 3,00 Atmosphären Dampfspannung 1,5 Meter
» 3,50 » » 2,0 »
hoch ansaugen konnte. Für Wasser von 50° C. betrug die größte Saughöhe 1,5 Meter bei 5 Atmosphären Dampfspannung.

In der folgenden Tabelle sind die Versuchsresultate enthalten, die man an einer Güterzugslocomotive mit einem nach Turk verbesserten Injektor von 6 Millimetern kleinstem Durchmesser des divergirenden Rohres O erhalten hat.

Tabelle VIII.

| Dampfdruck im Kessel. | Saughöhe. | Maximum d. pr. Minute gelieferten Wassers pr. □ Millimeter d. kleinsten Durchmessers des divergirenden Rohres O | Durch d. Wasserregulirung allein konnte die Maximallieferung reducirt werden auf | Durch Wasser- u. Dampfregulirung gemeinschaftlich konnte die Maximallieferung reducirt werden auf | Temperatur des Saugwassers. |
|---|---|---|---|---|---|
| Atmosphär. | Meter. | Liter. | Procent. | Procent. | Grad Cels. |
| 1,25 | 0,10 | 0,874 | — | — | 15 |
| 1,50 | 0,40 | 0,944 | — | — | 15 |
| 2,00 | 0,60 | 1,048 | — | — | 15 |
| 3,00 | 0,60 | 1,071 | 72 | 53 | 17 |
| 5,00 | 0,60 | 1,625 | 73 | 55 | 17 |
| 7,00 | 0,70 | 1,786 | 66 | 40 | 17 |
| 9,00 | 0,75 | 2,144 | 44 | 25 | 17 |

### 3) Der Injektor von Parod.

Vermittels einer Pumpe wird durch das Mundstück B (Fig. 51) in den Windkessel A Wasser eingedrückt, welches so lange in den Kessel zurückgehalten wird, bis die Spannung hinreichend gestiegen ist, um den Druck der Schraubenfeder, welche auf das Ventil C wirkt, zu überwinden und das Ventil selbst zu öffnen. Ist das geschehen, so kann das Wasser durch die Leitung D abströmen, und

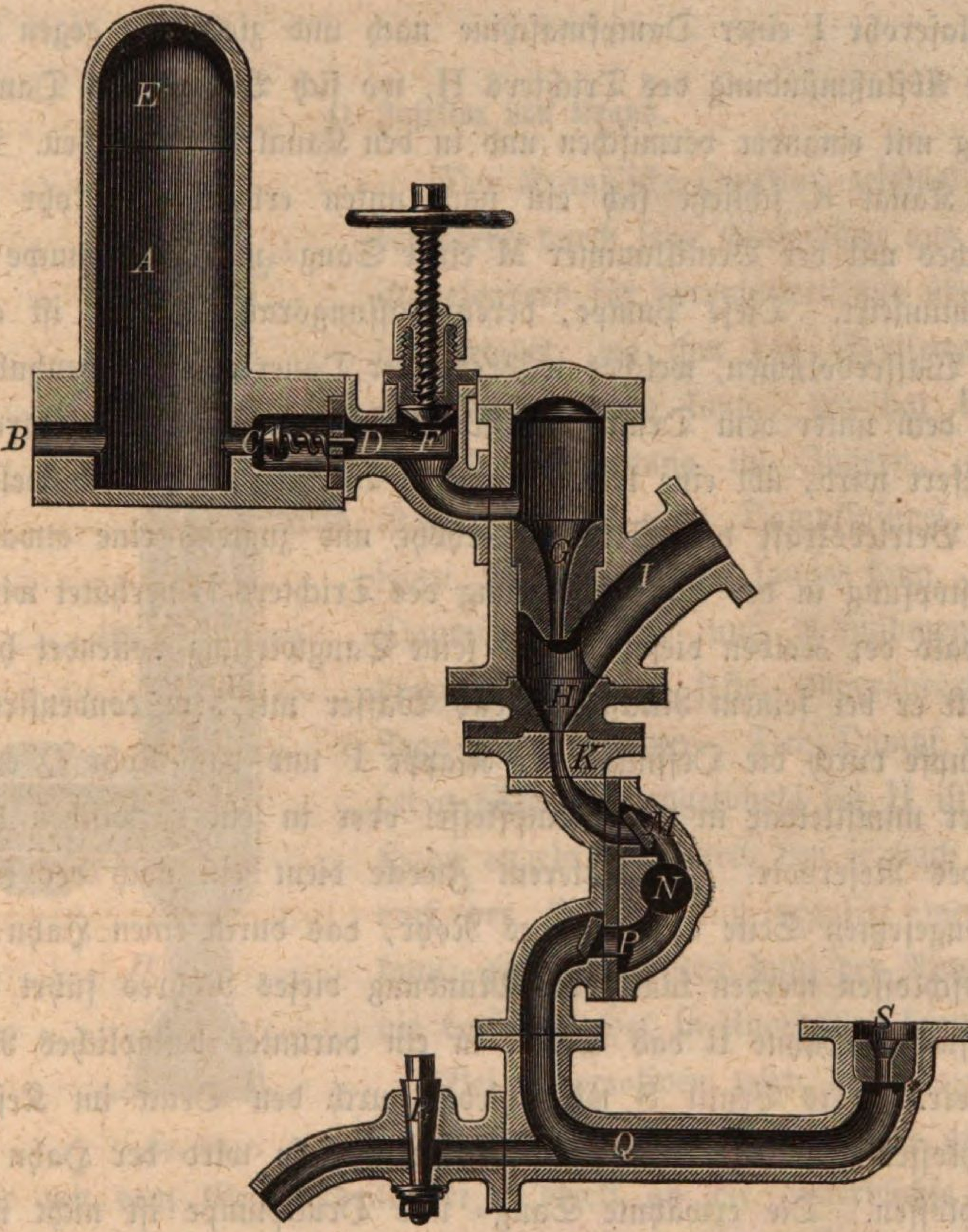



Fig. 51.

die in dem oberen Raume E des Windkessels enthaltene Luft dient von nun an als Spannungsregulator. Durch das Ventil F wird der Apparat in oder außer Gang gesetzt. Der Windkessel ist mit einem Manometer und einem Wasserstandszeiger versehen. Das durch das Ventil C abströmende Wasser geht durch eine oder mehrere Düsen G von geeigneter Form und strömt in und durch die trichterförmige Oeffnung H, die mit der Düse G gleiche Querschnittsform hat, aber weiter als diese ist. Der ausströmende Wasserstrahl saugt vermöge seiner großen lebendigen Kraft den Dampf aus dem

Abblaserohr I einer Dampfmaschine nach und zieht ihn gegen die enge Abflußmündung des Trichters H, wo sich Wasser und Dampf innig mit einander vermischen und in den Kanal K entweichen. An den Kanal K schließt sich ein nach unten erweitertes Rohr L, welches mit der Ventilkammer M einer Saug- und Druckpumpe N communicirt. Diese Pumpe, deren Fassungsraum größer ist als das Wasservolumen, welches während der Dauer eines Kolbenhubes von dem unter dem Drucke des Windkessels ausströmenden Strahl geliefert wird, übt eine kräftig saugende Wirkung aus, durch welche die Betriebskraft des Strahles erhöht und zugleich eine etwaige Verstopfung in der engen Mündung des Trichters H verhütet wird. Sobald der Kolben dieser Pumpe seine Saugwirkung vollendet hat, drückt er bei seinem Rückgange das Wasser mit dem condensirten Dampfe durch die Oeffnung der Klappe P und das Rohr Q entweder unmittelbar in den Dampfkessel oder in ein dazwischen liegendes Reservoir. Zu letzterem Zwecke dient ein nach der entgegengesetzten Seite abzweigendes Rohr, das durch einen Hahn R abgeschlossen werden kann; die Mündung dieses Rohres führt bei geöffnetem Hahne R das Wasser in ein darunter befindliches Reservoir. Das Ventil S wird hiebei durch den Druck im Kessel geschlossen gehalten. Soll gespeist werden, so wird der Hahn R geschlossen. Die erwähnte Saug- und Druckpumpe ist nicht unbedingt nothwendig und kann dann entbehrt werden, wenn man im Windkessel A beständig eine höhere Spannung hält, als diejenige ist, welche im Dampfkessel herrscht.

Auf die Temperatur des Injektionswassers kommt es bei diesem Apparate nicht wesentlich an, weil der Wasserstrahl vorzüglich durch die lebendige Kraft wirkt, die ihm durch die Spannung im Windkessel ertheilt wird. Doch ist es nicht zweckmäßig, den Wasserstrahl mit einer Temperatur von mehr als 80° einzuführen, weil man dann demselben eine sehr große Geschwindigkeit geben und daher auch sehr große Pumpen zur Speisung des Windkessels geben müßte.

### 4) Injektor von Krauß.

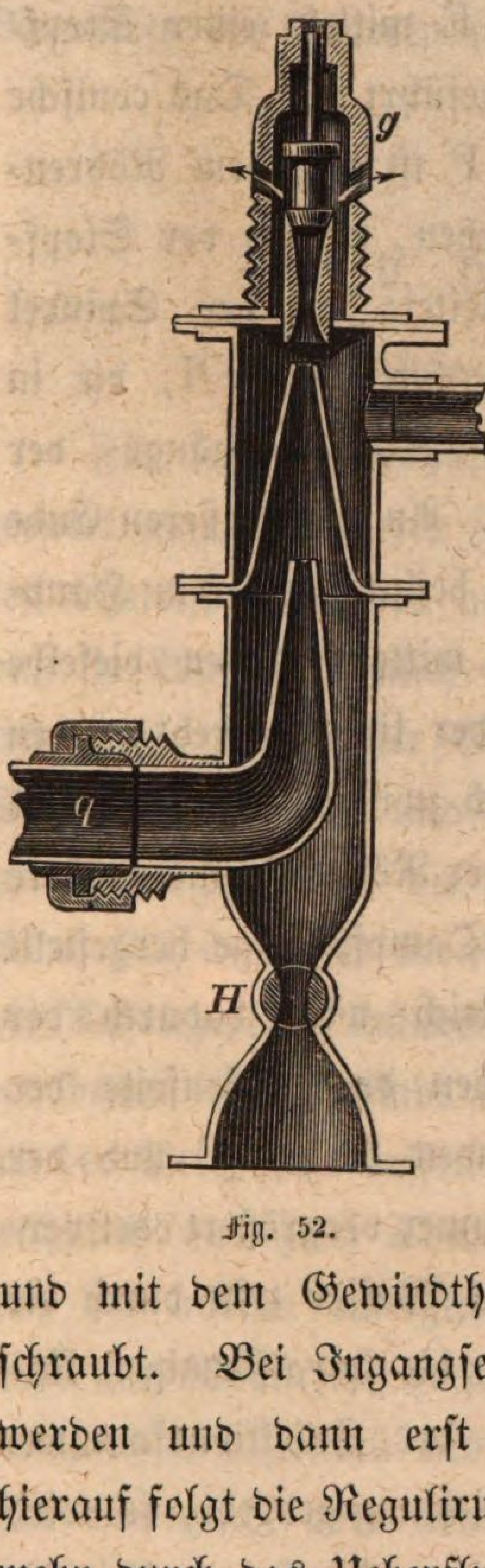



Fig. 52.

Der Krauß'sche Injektor zeichnet sich besonders durch seine Einfachheit aus und ist besonders für Locomotiven und überall da geeignet, wo ihm das Speisewasser zugeführt werden kann. Er hat keine Stopfbüchsendichtung im Innern, auch ist er nicht mit einer Dampfspindel versehen, weßhalb er nicht saugen kann. Die Dampf-, Wasser- und Aufnahmemündungen haben eine feste, unveränderliche Lage gegen einander. Der Dampf wird bei g (Fig. 52) zugeführt; bei H ist ein Hahn angebracht, durch den je nach Bedarf der Wasserzufluß regulirt werden kann; einmal adjustirt kann der Apparat nie versagen oder in Unordnung kommen.

Bei Locomotiven wird der Injektor am besten unter den Führerstand gelegt und mit dem Gewindtheile bei g direkt an die Feuerbüchse geschraubt. Bei Ingangsetzung muß zuerst der Wasserhahn geöffnet werden und dann erst darf allmählig Dampfzufluß stattfinden; hierauf folgt die Regulirung durch den Wasserhahn, bis kein Wasser mehr durch das Ueberflußrohr abtropft.

### 5) Injektor von Fletcher und Bower.

Die Wasser- und Dampfzuführung wird gleichzeitig durch eine Bewegung rgulirt und ferner können mit diesem Injektor Oel, Talg oder andere leicht schmelzbare Stoffe in die Kessel u. s. w.

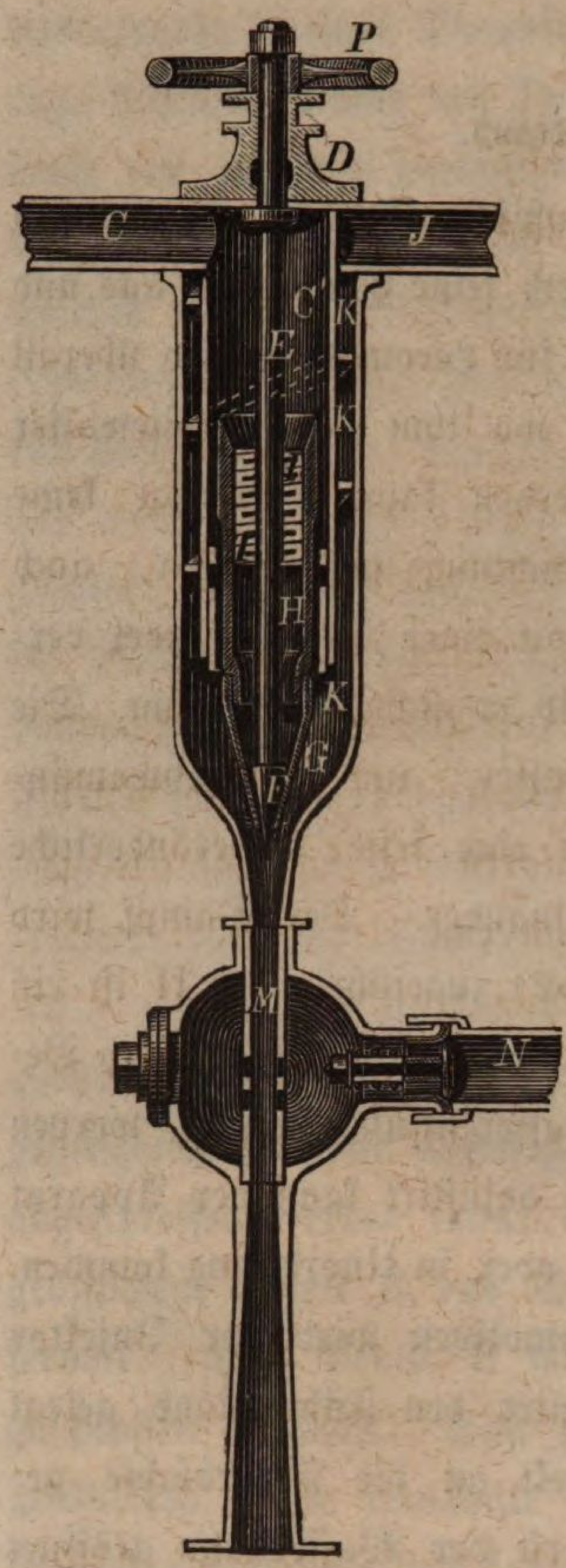


Fig. 53.

geschafft werden. Die Dampfeintrittsröhre C (Fig. 53) steht rechtwinklig gegen die Centralröhre C', in welche eine Spindel E mittels einer Stopfbüchse D eingeführt ist. Das conische Spindelende F ist von dem Röhrenstücke G umgeben, das in der Stopfbüchse H gleitet; an der Spindel sitzt eine Schraubenmutter I, die in entsprechende Schraubengänge der Röhre greift. An dem äußeren Ende der Spindel befindet sich ein Handrädchen P, mittels dessen dieselbe nach rechts oder links gedreht werden kann, wodurch zwischen dem Spindelende F und der Röhre G eine größere oder kleinere Dampfpassage hergestellt wird. Zugleich wird dadurch der Kanal zwischen der Außenseite der spitz zulaufenden Röhre C und der Injektionskammer vergrößert oder verkleinert. Das Wasser tritt durch die Röhre J und die spiralförmigen Kanäle K nach der Injektionskammer. Wird das Handrädchen P nach der einen Richtung gedreht, so wird die Zuführung von Dampf vergrößert, die von Wasser verkleinert, wird dasselbe nach der entgegengesetzten Richtung gedreht, so wird mehr Wasser und weniger Dampf zugeführt.

Bezüglich der Lage und Gestalt der Saugrohre für Injekteurs ist im Allgemeinen noch zu bemerken, daß dieselben nicht heberförmig gelegen sein dürfen, sondern dem Wasser die ungehinderte Rückkehr in das Speisewasserbassin gestatten müssen. Dieses Bassin

darf ferner nicht höher als der Injektor aufgestellt werden, weil sonst das Wasser mit einer der Druckhöhe entsprechenden veränderlichen Geschwindigkeit dem Apparate zufließt, was ein unaufhörliches Reguliren des letzteren nöthig machen würde.

## D. Die Centrifugalpumpen.

### 1) Gewöhnliche Einrichtung der Centrifugalpumpen.

Für sehr massenhafte Wasserbeförderungen auf mäßige Höhen wendet man in neuerer Zeit häufig und mit Vortheil die sogenannten Centrifugalpumpen an, deren Wirkungsweise darin besteht, daß sie Wasser, ähnlich wie die Ventilatoren die Luft, mittels gekrümmter, mit großer Geschwindigkeit um eine Axe sich drehender Schaufeln ergreifen und durch die Wirkung der Centrifugalkraft in einer Steigröhre in die Höhe fördern. Der Schaufelapparat befindet sich in einem vertikal oder horizontal gelagerten Gehäuse und die Ansaugeröhre mündet in letzterem Falle im Mittelpunkte einer der beiden Seitenwände des Gehäuses ein, während das Steigrohr an der Peripherie desselben angesetzt ist. Das Gehäuse wird gewöhnlich aus zwei Theilen zusammengesetzt, wovon der eine fest und der andere beweglich ist, damit das Rad mit seiner Welle leicht nach Bedürfniß herausgenommen und wieder eingesetzt werden kann, ohne daß man das Saug- und Abzugsrohr zu berühren hat. Der bewegliche oder abnehmbare Theil des Gehäuses bildet einen Abschnitt des größeren, festen Theiles, und zwar hat man es durch die Erfahrung vortheilhaft gefunden, den beweglichen Theil ungefähr $1/3$ so groß als das ganze Gehäuse zu machen. Auf die Lage des abnehmbaren Theiles kommt nichts an, wenn sie nur so gewählt ist, daß das Saug- und Abzugsrohr unter allen Umständen ihre Lage beibehalten können. Die Fundamentplatte, sowie die Lager zur Aufnahme der Radwelle, sind an den festen Theil des Gehäuses

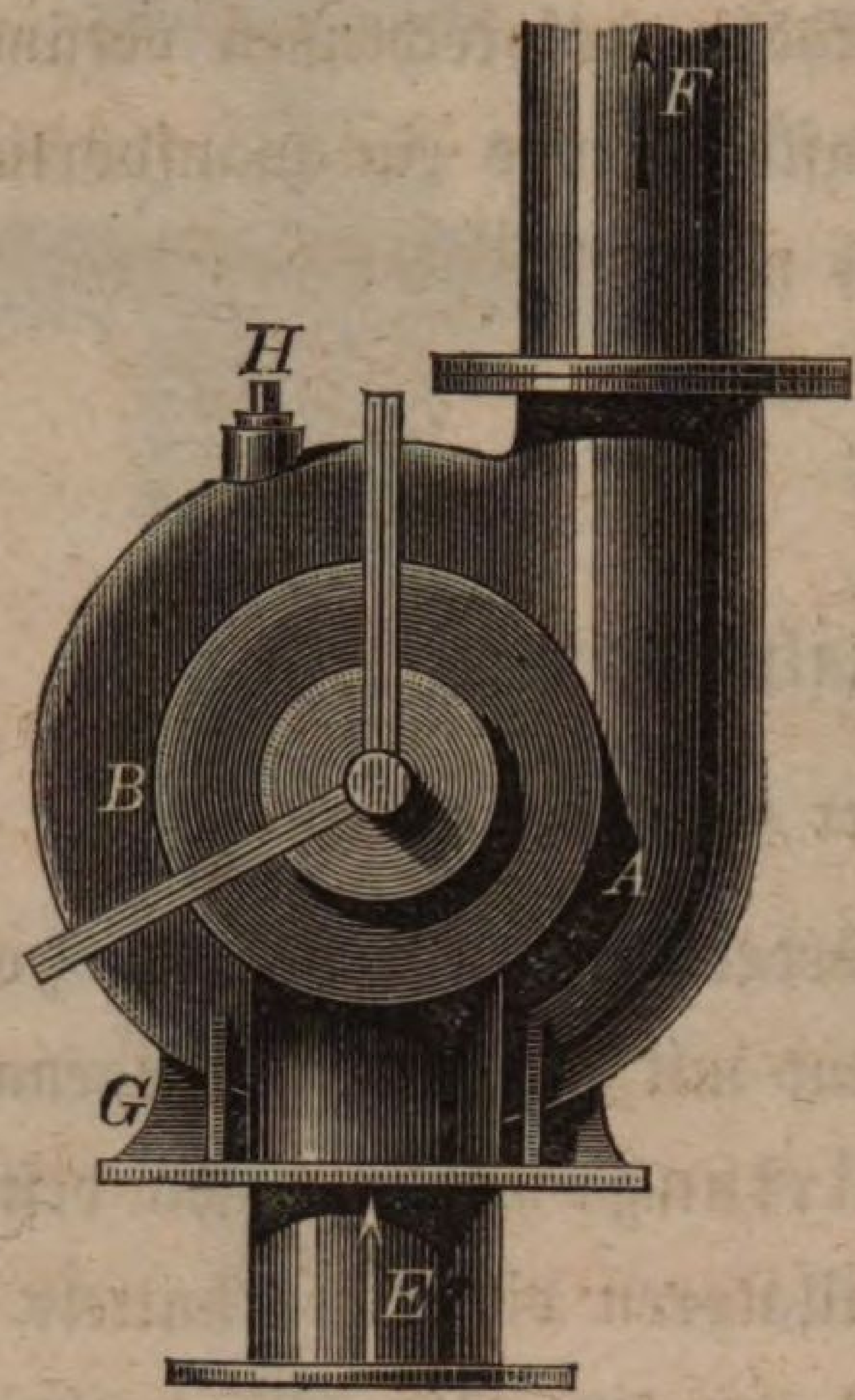



Fig. 54.

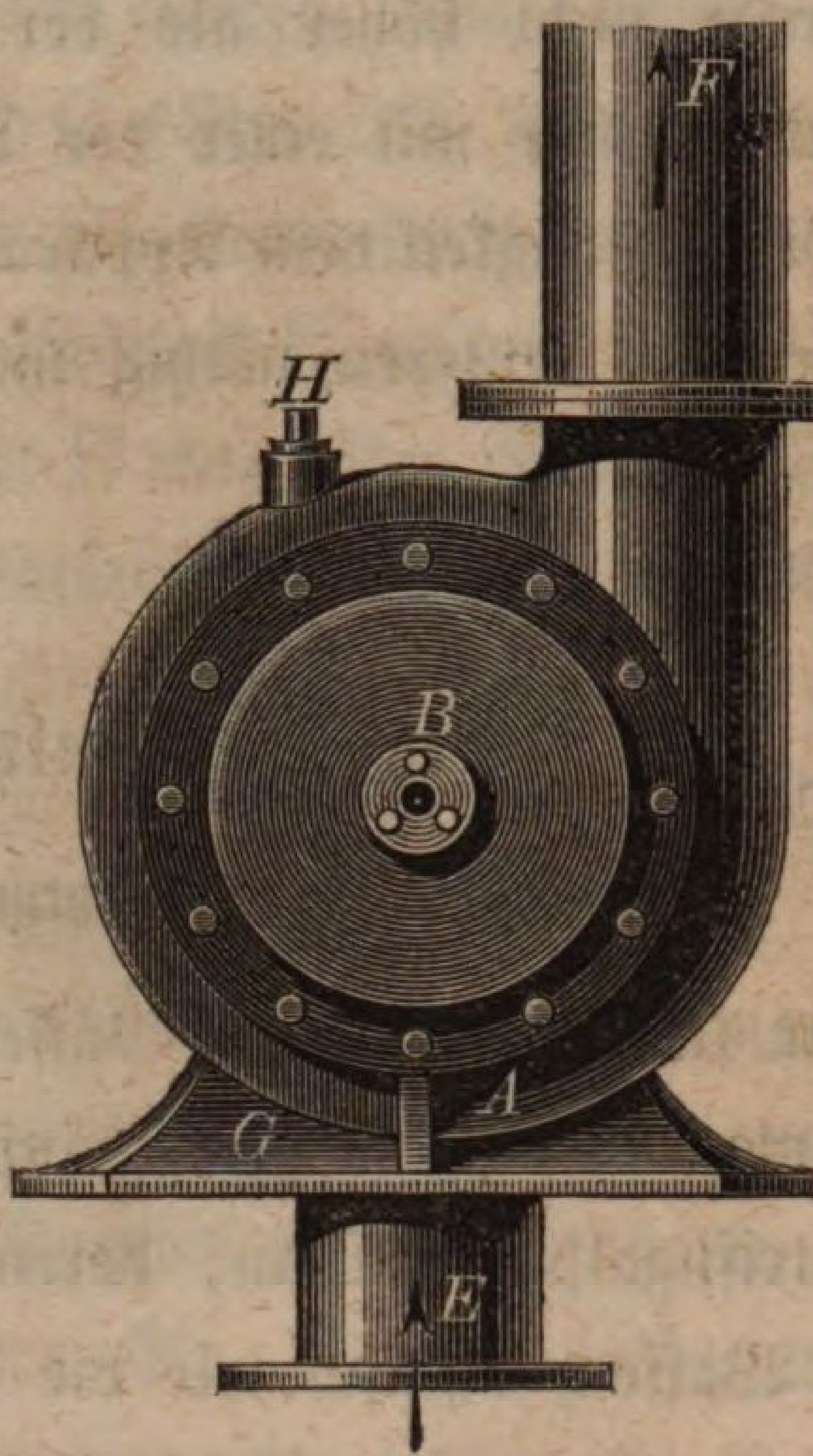



Fig. 55.

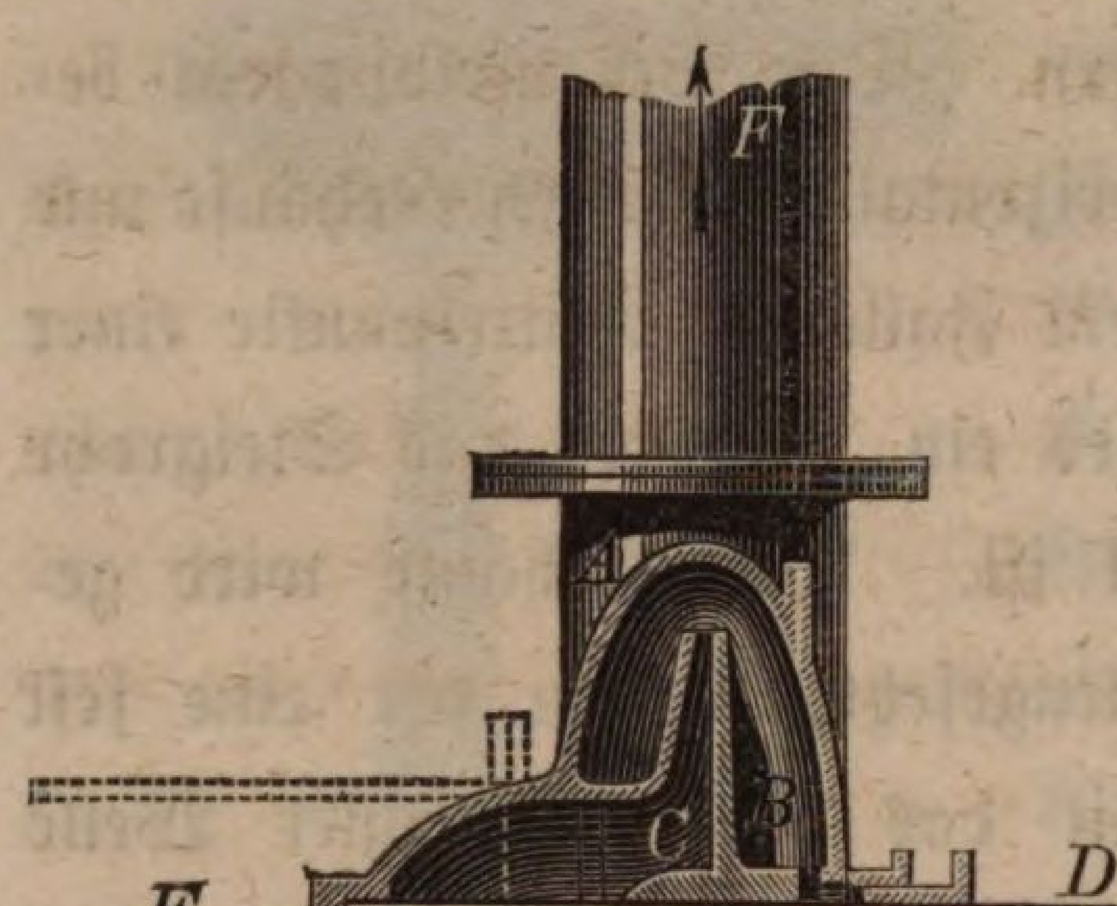



Fig. 56.

angegossen. Wenn die Pumpe über dem zu hebenden Wasser aufgestellt ist, so ist der obere Theil des Gehäuses mit einem Schraubenstopfer versehen, damit man durch die Oeffnung, welche derselbe verschließt, die Pumpe vor Beginn des Betriebes mit Wasser füllen kann; ein gleicher Pfropf befindet sich an dem unteren Theile des Gehäuses, damit man dasselbe nach Bedürfniß entleeren kann.

In Fig. 54, 55 und 56 bezeichnet A das ganze Pumpengehäuse und B den kleineren abnehmbaren Theil desselben; C das Rad und D dessen Welle. In Fig. 54 bildet der abnehmbare Theil B einen Kreisausschnitt, während er in Fig. 55 eine kreis-

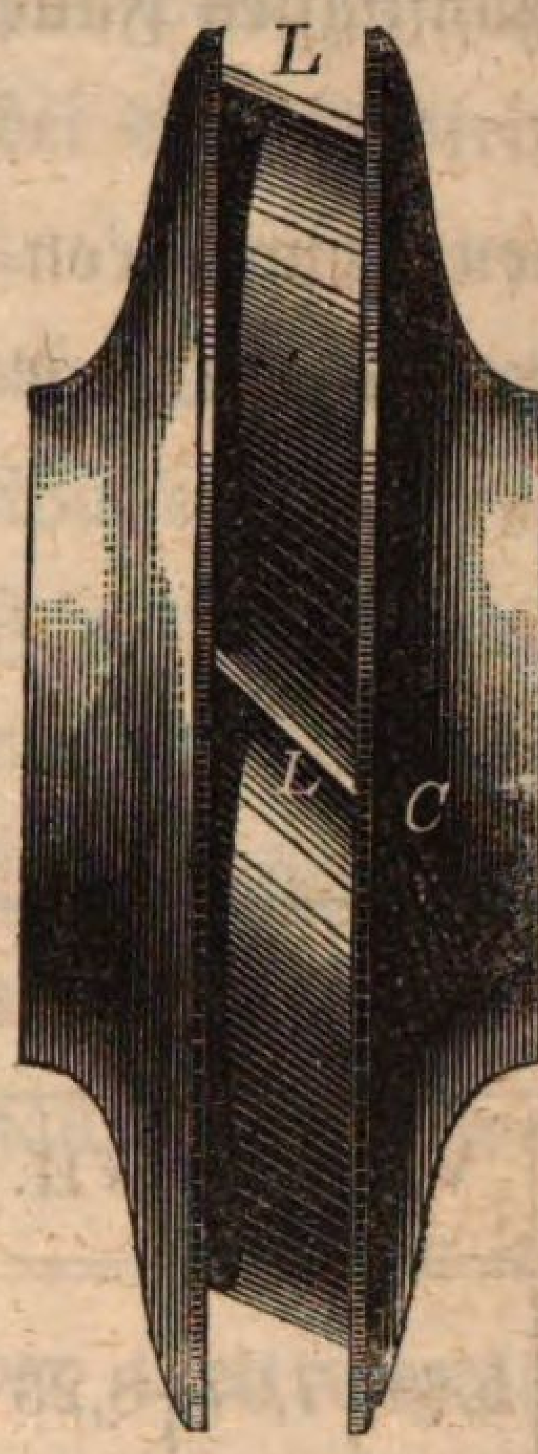



Fig. 57.

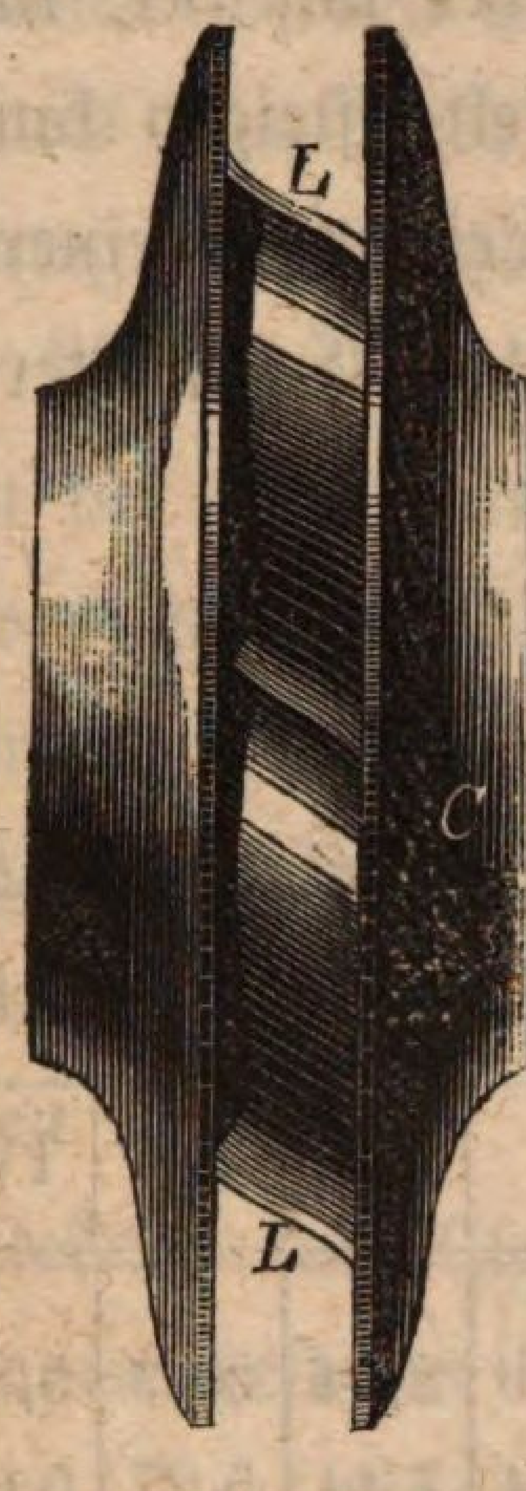



Fig. 58.

förmige Scheibe bildet. Zwischen dem Rade und dem Gehäuse darf sich nur ein höchst unbedeutender Zwischenraum befinden, weil sonst das Wasser, welches von der Centrifugalkraft aus dem rotirenden Rade ausgetrieben wird, unter dem Einfluß dieser Kraft, an der Wandung des feststehenden Gehäuses hinfließend, wieder in das Saugrohr gelangen würde.

Ferner ist von Wichtigkeit, daß das Wasser die rotirende Bewegung des Rades ohne Stoß annimmt. Zu diesem Zwecke werden die Saugröhren mit spiralförmigen Leitschaufeln versehen, welche die Bewegung des Wassers sanft verändern und letzteres bei seinem Eintritt in die Trommel oder das Rad in derselben Richtung einleiten, in welcher sich die Radschaufeln bewegen. Oder man verlängert die Nabe des Rades bis in die Saugröhren, indem man zugleich die spiralförmigen Schaufeln oder eine derselben verlängert und dabei ihren Vorsprung bis zum Ende der Nabe, die ganz spitz zuläuft, vermindert. Um Schläge und Stöße zu vermeiden, welche die Flügel oder Schaufeln des Rades auf das Wasser ausüben, wenn sie parallel zur Radachse an dieselbe angesetzt sind, erhalten diese Flügel eine gegen die Axe geneigte Lage, so daß die eine Seite des Flügels bei der Umdrehung des Rades der anderen vorauseilt, wodurch ein allmählicher Angriff gesichert wird. Die Lage der Flügel ist entweder eine gleichmäßig geneigte wie Fig. 57 oder eine nach zwei entgegengesetzt gerichteten Curven geneigte wie Fig. 58.

Die Centrifugalpumpen werden gewöhnlich ganz in das Wasser, welches sie heben sollen, eingelegt und erreicht man mit gut con=

struirten Pumpen einen Nutzeffekt, der auf 50, im günstigsten Falle auf 70 Procent des absoluten Effekts steigen kann.

Folgende Tabelle enthält die Leistungen einer von Appold construirten Centrifugalpumpe von 31,4 Centimeter äußerem Durchmesser und 7,8 Centimeter Weite:

Tabelle IX.

| | Reihenfolge der Versuche. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. |
| Förderhöhe in Metern | 2,59 | 2,74 | 5,69 | 5,89 | 5,89 | 7,97 | 8,23 |
| Wassermenge pr. Sekunde in Litern | 9,54 | 7,44 | 5,27 | 5,61 | 5,67 | 4,96 | 3,00 |
| Umdrehungen des Rades pr. Minute | 828 | 620 | 792 | 788 | 800 | 843 | 876 |
| Nutzeffekt der Maschine | 0,58 | 0,70 | 0,65 | 0,68 | 0,65 | 0,40 | 0,46 |

Nachstehende Tabelle enthält verschiedene Anhaltspunkte bezüglich der Dimensionen und Leistung von Centrifugalpumpen:

Tabelle X.

| Durchmesser d. Rades in Centimeter. | Saugrohrweite in Centimeter. | Weite des Steigrohrs in Centimet. | Umdrehungen pr. Min. | Wassermenge pr. Minute bei 9 Met. Förderhöhe in Kilogramm. | Betriebskraft in Pferdestärk. |
|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 7,5 | 5,0 | 800 | 1200 | 3—4 |
| 60 | 13,0 | 10,0 | 400 | 5000 | 10—14 |
| 90 | 25,0 | 22,0 | 275 | 20000 | 40 |

Bezeichnet v die Umfangsgeschwindigkeit und H die Förderhöhe, so muß $v > \sqrt{2\,g\,H}$; meistens $v = 1{,}5\,\sqrt{2\,g\,H}$ sein. Die Saughöhe ist möglichst klein zu machen und kann die Geschwindigkeit des Wassers in den Saug- und Druckröhren bis zu 10 Fuß

pr. Sekunde genommen werden und die Geschwindigkeit des Wassers bei dem Austritt aus dem Rade doppelt so groß.

Bei Berechnung des Nutzeffekts oder der Vergleichung der wirklich geleisteten Arbeit (Produkt des pr. Sekunde geförderten Wassergewichtes in die ganze vom Unterwasserspiegel an gemessene Förderhöhe) mit dem auf die Radaxe übertragenen Arbeitsaufwand der Betriebsmaschine muß diejenige Förderhöhe vorausgesetzt werden, bei welcher die Geschwindigkeit des Wassers am Ausgangspunkte auf 0 reducirt ist, was indessen in Wirklichkeit begreiflich nicht ganz erreicht werden kann.

Von der vorstehend im Allgemeinen beschriebenen Einrichtung der Centrifugalpumpen bestehen vielfache Abänderungen, wodurch eine mehr oder weniger vortheilhafte Benutzung der Triebkraft erreicht wird.

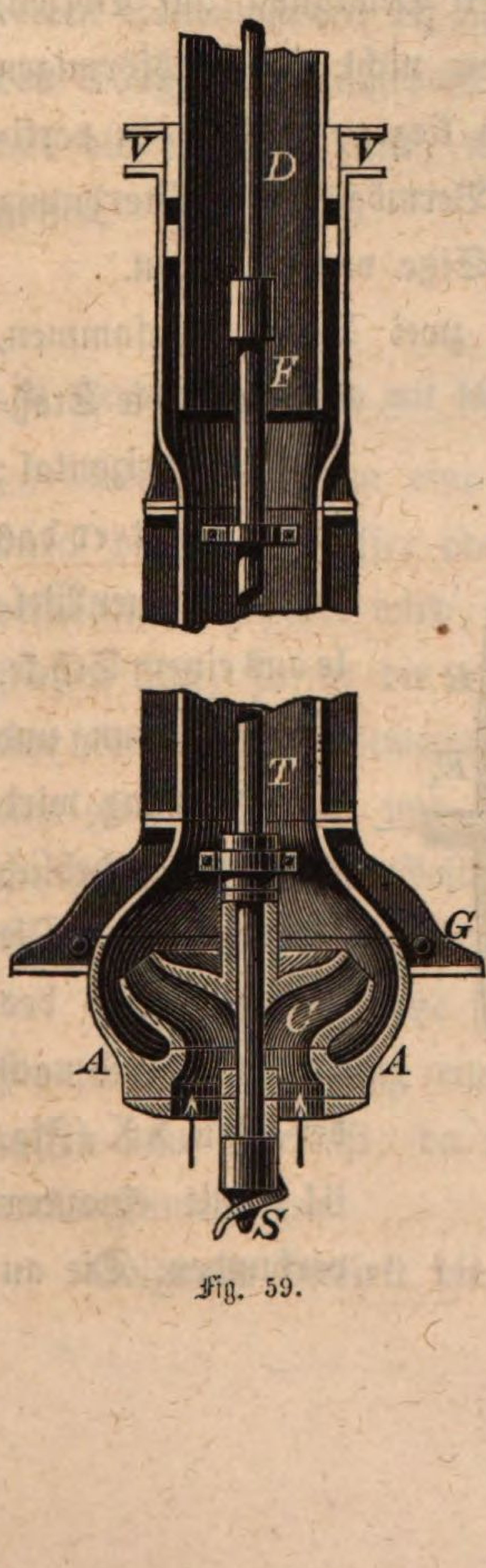


Fig. 59.

Zur Vermeidung der Abnützung bei Pumpen an vertikaler Axe ist das Rad mit einer langen Nabe versehen und trägt an seiner unteren Fläche ein beständig oder zeitweise an der Welle befestigtes Werkzeug (S in Fig. 59) zum Bohren oder Auflockern des Bodens. Bei der Drehung des Rades C bohrt sich das Werkzeug in den Boden ein, lockert denselben auf und die abgelösten Stücke Kies oder Sand werden in die Pumpe hineingezogen und mit dem Wasser oder auch ohne solches gehoben. In dem vertikalen Austrittsrohre ist ein Steg bei T befestigt, welcher verhindert, daß das Wasser nach seinem Austritt aus dem Pumpengehäuse sich in eine drehende Bewegung setzt. Da-

mit die Pumpen in verschiedenen Niveaus arbeiten können, wird das Steigrohr mit einer telescopartig verschiebbaren Verbindung V versehen.

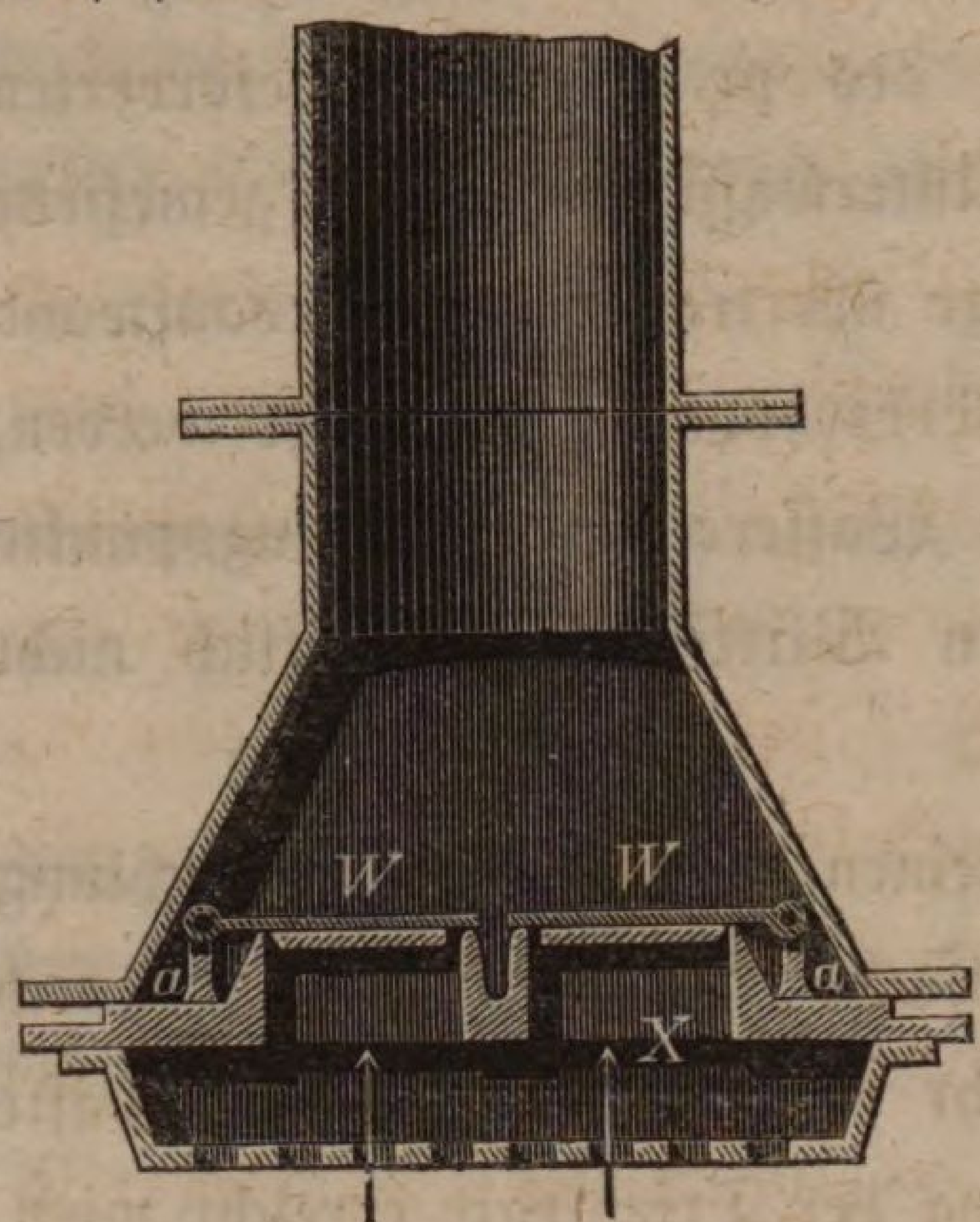


Fig. 60.

Um das Versagen der Fußventile an Centrifugalpumpen in Folge Anhäufung von Sand und anderen fremden Körpern zu vermeiden, bestehen diese Ventile aus Metallklappen W (Fig. 60), die mit Leder bekleidet sind und auf einem scharfrandigen Sitze X aufliegen. Die Klappen drehen sich bei ihrer Bewegung auf Bolzen, die aber nicht in kreisförmigen Büchsen liegen, sondern in vertikalen Schlitzen a sich verschieben können. Vermöge dieser Anordnung paßt sich die Klappe in jeder Lage dem Sitze von selbst an.

Humphry setzt das Gehäuse aus zwei Theilen zusammen, legt aber die Stoßfuge horizontal; ferner gießt er das Rad mit seiner Welle aus einem Stücke. Die Montirung und Demontirung wird dadurch erheblich vereinfacht. Die beiden Theile des Gehäuses sind nach der Linie XX (Fig. 61) mit einander verbunden. Die an

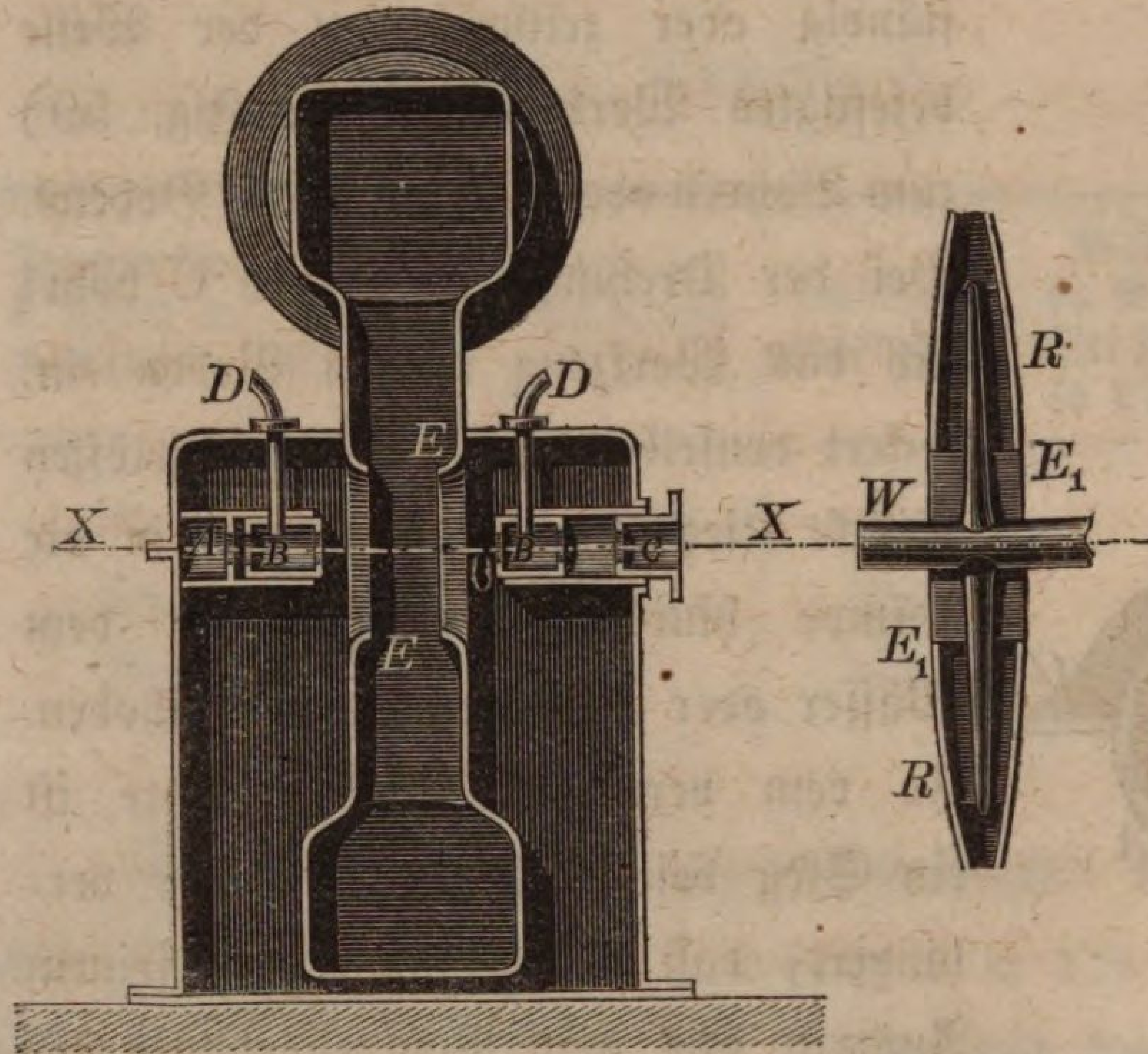


Fig. 61 und 62.

einander stoßenden Flächen der beiden Gehäustheile werden abgehobelt und dann die cylindrischen Krümmungen A durch Feilen bearbeitet. Hierauf werden die beiden Gußstücke so zusammengeschraubt, daß die Krümmungen A genau einen Cylinder bilden und das Gehäuse auf eine Drehbank gespannt, auf welcher die Mittelöffnung zur Aufnahme der Lagerfutter B und der Stopfbüchse C ausgebohrt wird. Nach dem Ausbohren der Mittelöffnung werden die Theile E des Gehäuses, welche die Enden der beiden Saugröhren darstellen und zwischen welche das Rad später gut eingepreßt werden muß, abgedreht. Durch die Röhren DD wird eine beständige Wasserströmung zu den Lagerfuttern B unterhalten. Die Radwelle wird an den Lagerstellen abgedreht und das Rad an den beiden Seitenwänden $E_1 E_1$ (Fig. 62), die zwischen die Enden EE der Saugröhren eingepaßt werden, eben bearbeitet. Das Rad R und die Welle W sind, wie schon bemerkt, aus einem Stücke gegossen.

### 2) Centrifugalpumpe mit schraubenförmigen Schaufeln von L. Coignard.

Wenn man um eine Welle einen hohlen Körper rotiren und durch denselben Wasser oder eine andere Flüssigkeit, die in die Mitte desselben eingeführt wird, hindurchgehen und an dem Umfange ausfließen läßt, so ist die erforderliche Kraft, um die Flüssigkeit in eine centrifugale Bewegung zu setzen und darin zu erhalten für eine gleiche, in ein und derselben Zeit auszuwerfende Flüssigkeitsmenge der mittleren Geschwindigkeit proportional, mit welcher das Wasser diesen Raum durchfließt.

Aus diesem Gesetze folgt, daß die Geschwindigkeit der centrifugalen Fortbewegung einen Faktor von dem Widerstande bildet, dessen man Herr ist, da man diese Bewegung auf mancherlei Art verlangsamen kann.

Coignard bewirkt die Verlangsamung in der Bewegung des

Wassers von der Mitte nach dem Umfange dadurch, daß er die Oeffnungen, durch welche das Wasser unter der Einwirkung der Centrifugalkraft aus dem rotirenden Fassungsraume ausfließt, sehr klein macht.

Eine Hauptbedingung für Coignard's System ist demnach, daß die Ausflußöffnungen kleiner sein müssen als der mittlere Querschnitt der Kanäle, aus denen der sich drehende Fassungsraum besteht.

Coignard selbst sagt: „Eine Pumpe gilt im Allgemeinen als gut, wenn sie das Wasser hoch, reichlich und billig hebt. Damit eine Centrifugalpumpe diese Bedingungen erfüllen kann, ist es nöthig, daß das Wasser den sich drehenden Fassungsraum langsam durchfließe, weßhalb ich es durch eine verhältnißmäßig nur kleine Oeffnung austreten lasse.“

„Die in der Trommel befindliche Wassermenge muß an ihrem Umfange einen gleichmäßigen Druck auf alle Punkte der Oeffnung ausüben, durch welche sie austritt oder auszutreten strebt.“

Aus diesem Grunde erhält die Trommel die Form einer Kugel oder eines Ellipsoides und wird der ringförmige Spalt, welcher die Ausflußöffnung für das aus der Kugel zu treibende Wasser bildet, sehr klein gemacht.

Die Kugel dreht sich mit sehr kleinem Zwischenraum, aber ohne Reibung in dem sie umschließenden, ebenfalls kugelförmigen Mantel um. Das Wasser dringt durch zwei Röhren an den beiden Polen der Kugel ein und tritt dann durch einen ringförmigen Spalt mit sehr kleiner Oeffnung aus, dessen Basis normal zur Rotationsaxe steht und der einer anderen ringförmigen Oeffnung in dem Mantel der Kugel gegenüberliegt. Durch diese letztere Oeffnung tritt das von der Centrifugalkraft ausgetriebene Wasser in einen ringförmigen Kanal ein, aus dem es durch eine oder mehrere Röhren abfließt, denen man eine beliebige Lage und Richtung geben kann.

Die sphärische Form gestattet, wenn man das Aeußere der Trommel und das Innere ihres Mantels auf der Drehbank herstellt, zwischen der Trommel und ihrem feststehenden Mantel einen nur sehr kleinen Zwischenraum zu lassen, was bei dieser Art Pumpen von großer Wichtigkeit ist.

Dadurch, daß die Welle eine vertikale Stellung hat, kann die Trommel nicht versanden, weil alle fremdartigen Theile, die in dieselbe gelangen, beim Aufhören der Bewegung durch die am unteren Pole der Kugel angebrachte Oeffnung wieder austreten.

Damit das Wasser so eingeleitet wird, daß es ohne Stoß die rotirende Bewegung annimmt, sind die Schaufeln der Trommel derart construirt, daß ihr Anfang auf ihrer convexen Oberfläche eine Tangente zu dem inneren oder äußeren Umfange der Kugel bildet.

Die Zahl der Schaufeln ist nicht genau vorgeschrieben und kommt bei einer Pumpe mehr wegen der Dauerhaftigkeit als wegen der Wirkung in Betracht. Bei einer Kugel mit 16 Centimeter z. B. bringt man nur zwei Schaufeln an.

Coignard legt hauptsächlich ein Gewicht darauf, daß das Wasser gehindert werde, der Wandung des feststehenden Trommelmantels entlang wieder in das Saugrohr zurückfließen zu können; er läßt deßhalb einen möglichst kleinen Raum zwischen der Trommel und dem Mantel und bringt außerdem an dem Umfange der Trommel zwei kleine Reife von geschmeidigem Leder an, welche gleichsam die Lippen oder Ränder für den ringförmigen Spalt bilden. Durch das Wasser, welches aus der Trommel austritt und auch durch die Centrifugalkraft werden diese Lederreife gegen den Mantel gedrückt und schließen so den Raum zwischen dem Mantel und der Trommel ab.

Coignard ist übrigens bei der eben beschriebenen Construktion nicht stehen geblieben, sondern hat sein Pumpensystem noch wesentlich verbessert und enthält die folgende Beschreibung mit Zeichnung in Fig. 63 die verbesserte Centrifugalpumpe von Coignard.

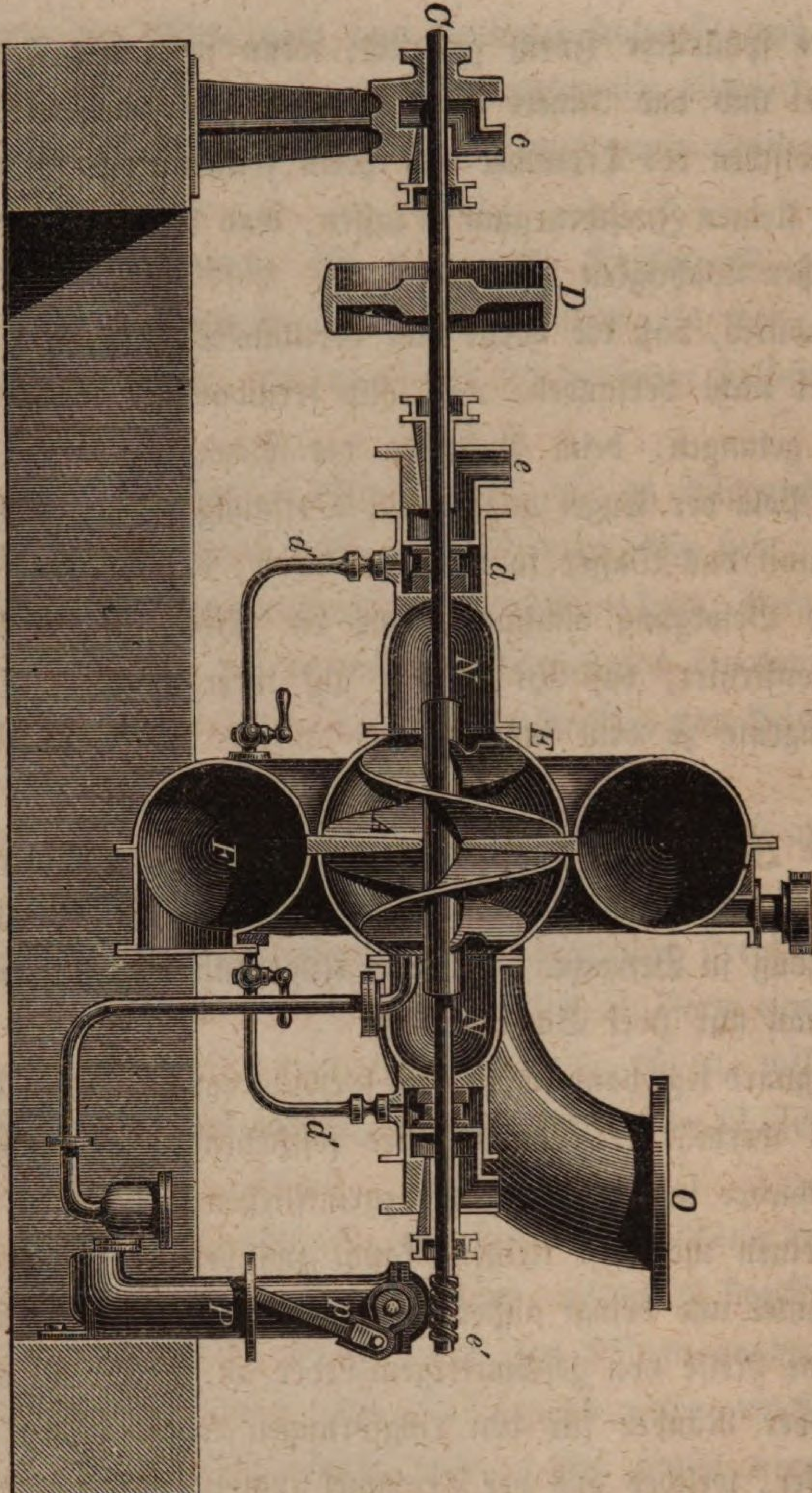



Fig. 63.

Dieselbe besteht aus einer horizontalen Welle C, die sowohl die Riemenscheibe D als auch die spiralförmigen Schaufeln A trägt, welche letztere sich in einer hohlen Kugel E umdrehen und dazu bestimmt sind, das Wasser bei ihrer Bewegung anzuziehen und dasselbe in eine mehr oder weniger starke centrifugale Bewegung zu versetzen.

Das Wasser tritt durch ein senkrecht auf der Ebene der Figur stehendes Rohr ein und wird in die beiden Behälter N, welche die Welle C umgeben, vertheilt. Das Wasser wird dann durch die Bewegung der Schaufeln A mitgerissen und durch die Centrifugalkraft durch einen geraden Spalt in das ringförmige Rohr F ausgeworfen, welches die hohle Kugel E umgiebt.

Dieses ringförmige Rohr steht fortwährend mit dem Steigrohr O in Verbindung.

Die Lager c der Triebwelle bilden wirkliche Oelbüchsen, wodurch die Reibung möglichst vermindert wird. Um zu verhüten, daß durch die Stopfbüchsen dd der Triebwelle Luft eintrete, hat Coignard dieselben durch die Rohre d'd' in Verbindung mit dem ringförmigen Rohre F gesetzt, in welchem das Wasser immer einem gewissen Drucke unterworfen ist. Dieser Druck wird so auf die Außenseite der Packungen übertragen, zwingt dieselben, sich an die Welle anzulegen und schließt folglich die äußere Luft von der Pumpe hermetisch ab.

Die wichtigste und interessanteste Neuerung an dieser Pumpe ist diejenige Vorrichtung, die vor den Nachtheilen sicher stellt, welche aus der Lagerung der Luft um die Flügel der Pumpe entstehen. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, welchem man in der Regel nicht anders als durch momentanes Anhalten der Maschine abhelfen kann, wendet Coignard eine kleine Nebenpumpe P an, deren Saugrohr in die hohle Kugel hinein, und zwar bis dicht an die Axe und ebenso dicht an die Schaufeln reicht, ohne denselben in ihrer Bewegung hinderlich zu sein. Die Pumpe saugt bei jedem Kolbenhube Wasser oder im Mittelpunkte des Apparates befindliche Luft an und wirft dieselbe nach Außen zurück. Ist es Wasser, was sie auswirft, so ist der Verlust unbedeutend; ist es aber Luft, so werden dadurch die oben bezeichneten Uebelstände vollständig beseitigt

Diese Nebenpumpe kann auch das Ansaugen erleichtern und sie wird ebenso manchmal im umgekehrten Sinne zu verwenden sein,

nämlich um eine Anfüllung aller Kanäle kurz vor Ingangsetzung der Hauptpumpe zu bewirken.

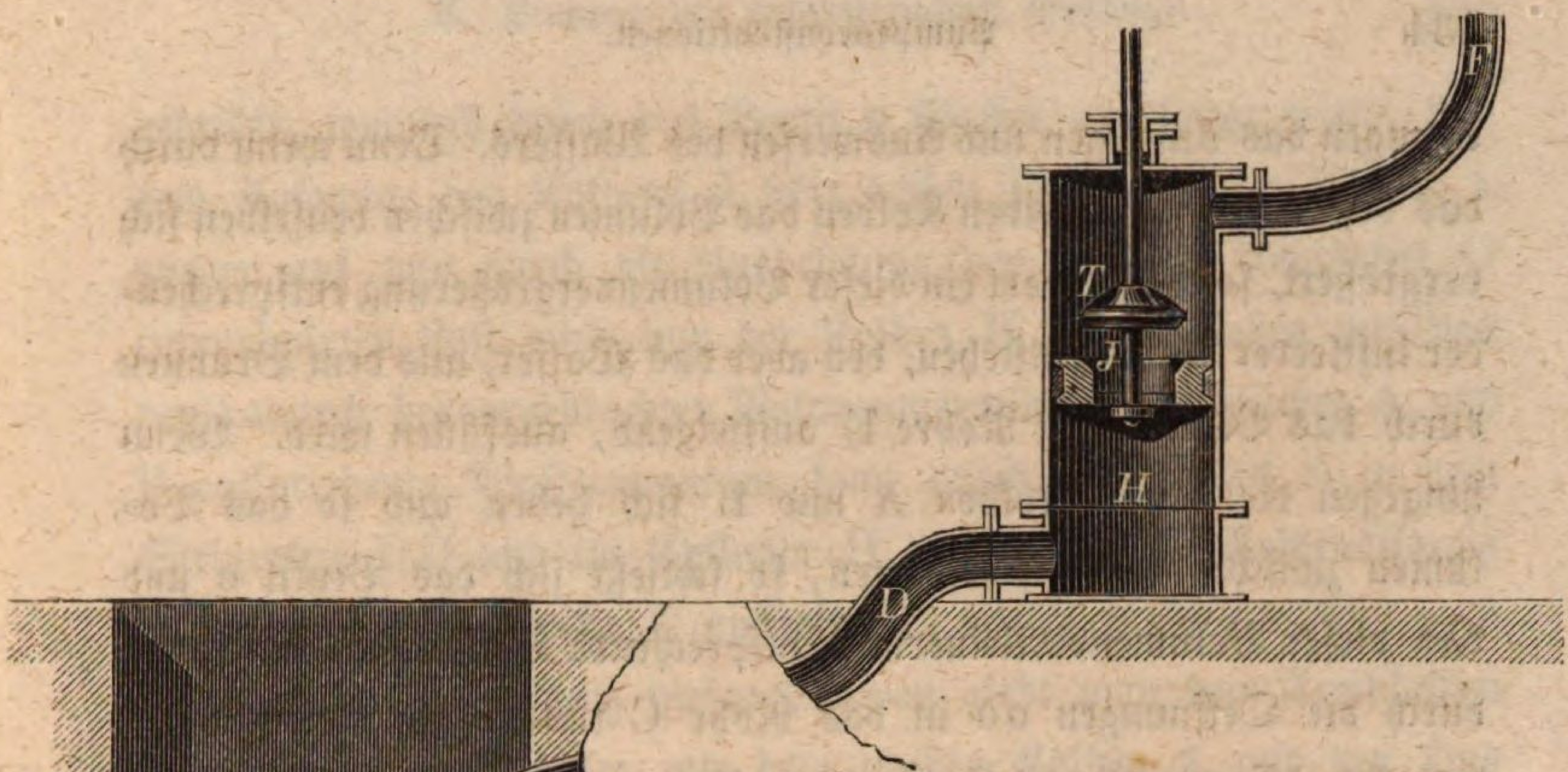
Die Bewegung dieser Pumpe wird durch die Schraube ohne Ende e' hervorgebracht, welche an das Ende der Welle C befestigt ist und durch die Kurbelstange p', welche durch die Warze eines Krummzapfens bewegt wird; letzterer ist an das Getriebe befestigt, welches in die Schraube ohne Ende eingreift.

Alle Rohre der Coignard'schen Pumpen sind aus verzinntem Eisenblech, mittels Flantschen und Bolzen verbunden und mit Dichtungen aus Kautschuk oder Hanf versehen.

Die mit Nr. 7 bezeichnete Pumpe hat folgende Dimensionen: Innerer Durchmesser der Kugel 0,48 Meter, Lichtweite des kreisförmigen Rohres F 0,32 Meter; alle Röhren haben eine Lichtweite von 0,20 Meter. Der Durchmesser der Treibscheibe ist 0,38 Meter; die kleine Pumpe zum Ausziehen der Luft hat einen Hub von 0,19 und einen Durchmesser von 0,125 Meter; bei derselben findet nur ein Kolbenzug statt, während die Hauptwelle 19 Umdrehungen macht. Eine Maschine Nr. 5 hat 0,320 Meter Kugeldurchmesser und 0,180 Meter Rohrdurchmesser. Bei den mit Coignard'schen Pumpen angestellten Versuchen lieferten dieselben mit 500 bis 600 Umdrehungen 400 bis 500 Cubikmeter Wasser stündlich mit einer Saughöhe von 6,0 Meter; trotz dieser großen Geschwindigkeit betrug der Wirkungsgrad derselben nahezu 50 Procent.

## E. Pumpen mit hydrostatischem Gestänge.

Dieses Pumpensystem dient zum Heben von Wasser aus jeder beliebigen Tiefe und arbeitet ohne Gestänge oder sonstige den Pumpenschacht oder Brunnen beeinträchtigende Einrichtung, indem die das Steigrohr füllende Wassersäule allein zur Uebertragung der bewegenden Kraft der Maschine auf die Pumpe dient.




Der Haupttheil dieses neuen Systems besteht in der Combination zweier Kolben A und B (Fig. 64) von verschiedenen Durchmessern, welche in zwei fest mit einander verbundenen, den Kolbendurchmessern entsprechenden Cylindern aaa′a′ und bbb′b′ arbeiten. Die beiden Kolben sind durch ein Rohr C, welches mit Löchern oo versehen ist, verbunden, so daß ein Kolben auf den anderen nicht niedergehen kann, ohne daß dieser dieselbe Bewegung mitmacht. Durch diese gleichzeitige Auf- und Abbewegung beider Kolben und dadurch, daß sie sich in ungleich weiten Cylindern bewegen, wird bedingt, daß der zwischen beiden Kolben befindliche Cylinderraum derart mit dem Kolbenspiele sich ändert, daß er bei dem Niedergange der Kolben sich vergrößert und bei dem Aufgange derselben sich wieder verkleinert. Diese Volumenveränderungen des Cylinderraumes zwischen den Kolben A und B

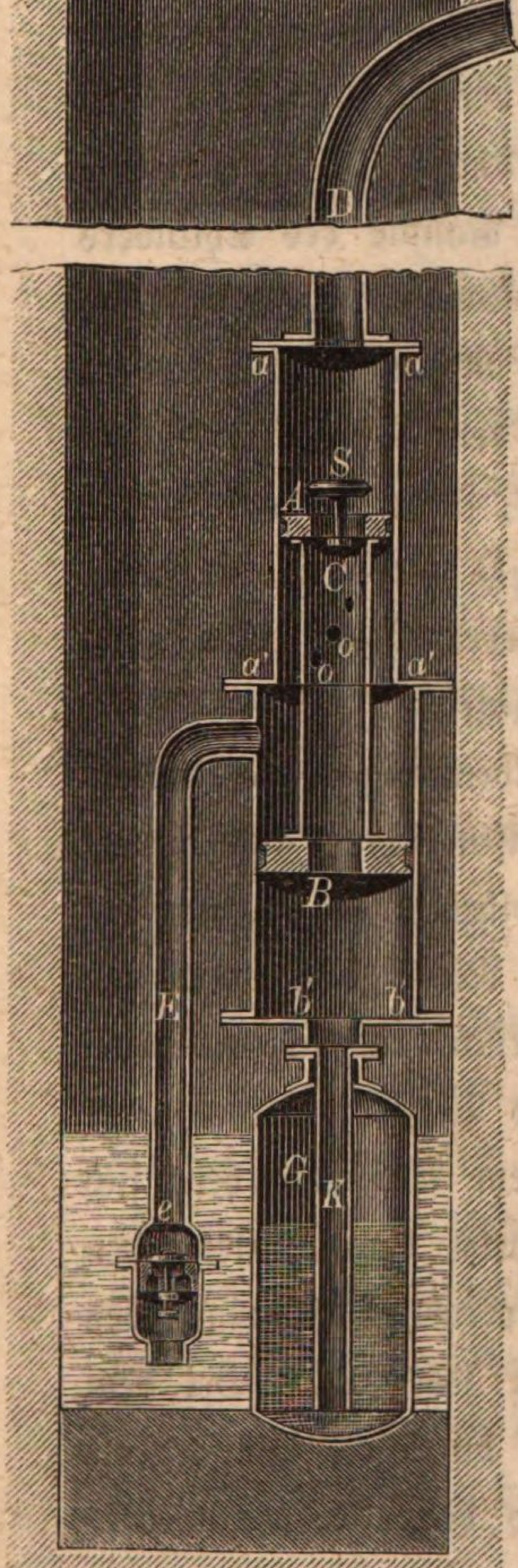



Fig. 64.

erzeugen das Ansaugen und Auswerfen des Wassers. Denn wenn durch das Niedergehen der beiden Kolben das Volumen zwischen denselben sich vergrößert, so müßte dort ein dieser Volumenvergrößerung entsprechender luftleerer Raum entstehen, den aber das Wasser, aus dem Brunnen durch das Ventil e im Rohre E aufsteigend, ausfüllen wird. Wenn hingegen die beiden Kolben A und B sich heben und so das Volumen zwischen ihnen verkleinern, so schließt sich das Ventil e und das dieser Volumenverkleinerung entsprechende Wasserquantum steigt, durch die Oeffnungen o o in das Rohr C tretend, in diesem durch das sich öffnende Ventil S über den Kolben A und gelangt so durch das Steigrohr D in den Cylinder H der oberen Pumpe. G ist ein Windkessel, der durch das Rohr K, welches in Wasser taucht, mit dem unter dem Kolben B befindlichen Raume des Cylinders b b b′ b′ communicirt. Wenn nun der Kolben B niedergeht, so comprimirt er durch das aus dem unteren Raume des Cylinders b b b′ b′ in G eingepreßte Wasser die Luft in dem Windkessel; sobald aber der Kolben B aufhört nieder zu gehen, sucht die comprimirte Luft sich auszudehnen und drückt den Kolben B wieder in die Höhe.

Dem Doppelkolben AB wird die niedergehende Bewegung durch den Treibkolben J auf folgende Art gegeben:

Das Ventil T sitzt fest auf der Kolbenstange, die mittels Treibstänge und Krummzapfen von der Kraftmaschine aus bewegt wird. Der Kolben J spielt frei um die Kolbenstange in einer der Hubhöhe des Ventiles gleichen Höhe. Beim Niedergange wird das Ventil zunächst auf den Kolben J niedergedrückt und schließt dabei die Durchgangsöffnung des Kolbens für das Wasser; hierauf wird der Kolben J selbst niedergedrückt. Bei dem Aufgange hebt sich das Ventil T vom Kolben wieder ab, gestattet dem aufsteigenden Wasser den Durchgang durch die frei gewordenen Oeffnungen des Kolbens und zieht diesen dann wieder mit sich auf. Bei dem Niedergange wird der Druck des Kolbens J durch die Wassersäule in DD auf den Kolben A fortgepflanzt und dieser ebenso nieder-

gedrückt, wodurch durch das Ventil e Wasser angesaugt wird. Bei dem Aufgange des Kolbens J hört dessen Druck auf den Kolben A wieder auf und durch die Ausdehnung der in dem Windkessel G comprimirten Luft wird nun der Kolben B emporgehoben und das der dadurch hervorgebrachten Volumenverminderung zwischen A und B entsprechende Wasserquantum kann durch das Ventil S in dem Steigrohre DD und im Cylinder H durch die freie Kolbenöffnung bei J in das Druckrohr F aufsteigen.

In der Ausführung dieser Pumpen giebt man dem Treibkolben J denselben Durchmesser wie dem großen Kolben A und den Hub des Differentialkolbens AB nimmt man doppelt so groß als den des Treibkolbens. Bezeichnet man mit D den Durchmesser des Treibkolbens J und sei derselbe gleich dem des Kolbens A und mit $D_1$ den Durchmesser des Kolbens B und verdrängt der Treibkolben bei seinem Niedergange K Cubikmeter Wasser, so muß der Pumpenkolben A dasselbe thun, während der größere Pumpenkolben B eine Wassermenge verdrängt

$$= K_1 = K \frac{D_1^2}{D^2} \text{ Cubikmeter.}$$

Um die Differenz dieser Wassermengen erweitert sich der Cylinderraum zwischen den beiden Kolben A und B und wird durch angesaugtes Wasser ausgefüllt. Die angesaugte Wassermenge pr. Kolbenspiel ist daher: $K\left(1 - \frac{D_1^2}{D^2}\right)$; dieselbe Wassermenge wird bei dem Aufgange der Kolben in die Höhe gefördert.

Da die passiven Widerstände in höherem Maaße während des Kolbenaufganges sich geltend machen, als während des Kolbenniederganges, so würde man einen etwas höheren Wirkungsgrad erzielen, wenn man die aufsteigende Bewegung langsamer und dafür die niedergehende etwas rascher stattfinden ließe.

Die Größe des Windkessels ist so zu bestimmen, daß die aufsteigende Bewegung des Wassers die Kolben AB zu heben vermag.

Als Beispiel in Bezug auf die Leistungsfähigkeit dieses neuen Pumpensystems diene Folgendes: Bei einem Durchmesser des kleinen Kolbens A von 250 Millimeter, 290 Millimetern des großen Kolbens B, einem Hube von 150 Millimeter des Treibkolbens und 300 Millimeter des Differentialkolbens werden pr. Hub 10000 Liter Wasser gehoben.

Eine andere Einrichtung der Pumpe mit hydrostatischem Gestänge besteht darin, daß der Windkessel den Differentialkolben ganz umschließt, statt dem letzteren wie in Fig. 64 unten angehängt zu sein. Der Windkessel kann auch ganz in Wegfall kommen, wenn man zwei Differentialkolben anwendet, welche einander entgegengesetzte Bewegungsrichtung haben, so daß der eine niedergeht, während der andere sich aufwärts bewegt. Die unteren Cylinder der beiden Differentialkolben sind in diesem Falle an ihrem untersten Ende durch ein Rohr mit einander verbunden, wodurch sich der Druck des niedergehenden Kolbens auf den anderen fortpflanzen kann und diesem eine aufwärts gehende Bewegung ertheilt, welche Funktion bei der Pumpe mit einem Differentialkolben dem Windkessel zugetheilt ist.

Die Wassergestängpumpe von Barnes unterscheidet sich von Rouvière's Construktion hauptsächlich dadurch, daß das Gestängwasser durch ein besonderes Rohr geleitet wird, also zwei Rohrleitungen nöthig sind.

Die Construktion von Schüller bietet ebenfalls den wesentlichen Unterschied, daß sie doppelt wirkt und das Kraftwasser in den Kraftröhren eingeschlossen bleibt und mit dem Förderwasser nie in Berührung kommt. Die Kraftröhren sollen $^1/_6$ bis $^1/_{10}$ des Durchmessers des Kraftcylinders zu ihrem Durchmesser erhalten, aus Schmiedeeisen verfertigt und an den Stößen fest verschraubt werden. Das in den Kraftröhren befindliche Wasser soll, damit es die Rohr- und Cylinderwände nicht angreife, ausgekocht sein. Durch die mit Schrauben verschließbaren Oeffnungen der Kraftcylinder-

deckel der Schüller'schen Pumpen kann ein Nachfüllen des Kraftwassers stattfinden. Während gewöhnlich der Aufgang des Differentialkolbens durch einen Windkessel bewirkt wird, wendet Schüller zu diesem Zwecke ein Gegengewicht an.

Die Pumpe von Prudhomme hat keine besonderen Kraftröhren und wird ein Theil des geförderten Wassers als Kraftwasser benützt.

## F. Die Wasserstrahlpumpe von Nagel.

Diese Pumpe beruht auf dem bekannten physikalischen Gesetze, daß das Wasser bei dem Durchströmen eines in seinen Querschnitten veränderlichen Gefäßes eine dem jedesmaligen Querschnitt entsprechende Geschwindigkeit annimmt und daß diese Geschwindigkeit an denjenigen Stellen, deren Querschnitt kleiner als derjenige der Ausflußmündung ist, eine derartige Aenderung erleidet, daß der auf die Gefäßwand ausgeübte Druck bei jenen Verengerungen kleiner als der Druck der äußeren Atmosphäre wird, wodurch es möglich ist, durch Röhren, die man an diesen Verengerungsstellen in das Gefäß führt, neues Wasser anzusaugen.

Der von Nagel ausgeführte Apparat dieser Art war für die Freihaltung der Baugrube zur Anlage zweier Turbinen für eine Mahlmühle hergestellt worden; die Baugrube mußte unter dem tiefsten Wasserstande hergestellt und daraus das fortwährend zufließende Wasser beseitigt werden. Obwohl nun der Wirkungsgrad eines solchen Saugapparates nach den bis jetzt bekannten Erfahrungen höchstens 0,18 ist, so konnte dieß doch für den vorliegenden Zweck nicht hinderlich sein, so lange das vorhandene und sonst doch nutzlos abfließende Stauwasser überhaupt genügend war, das Leerpumpen der Baugrube zu ermöglichen. Der Apparat wurde auf folgende Weise ausgeführt:

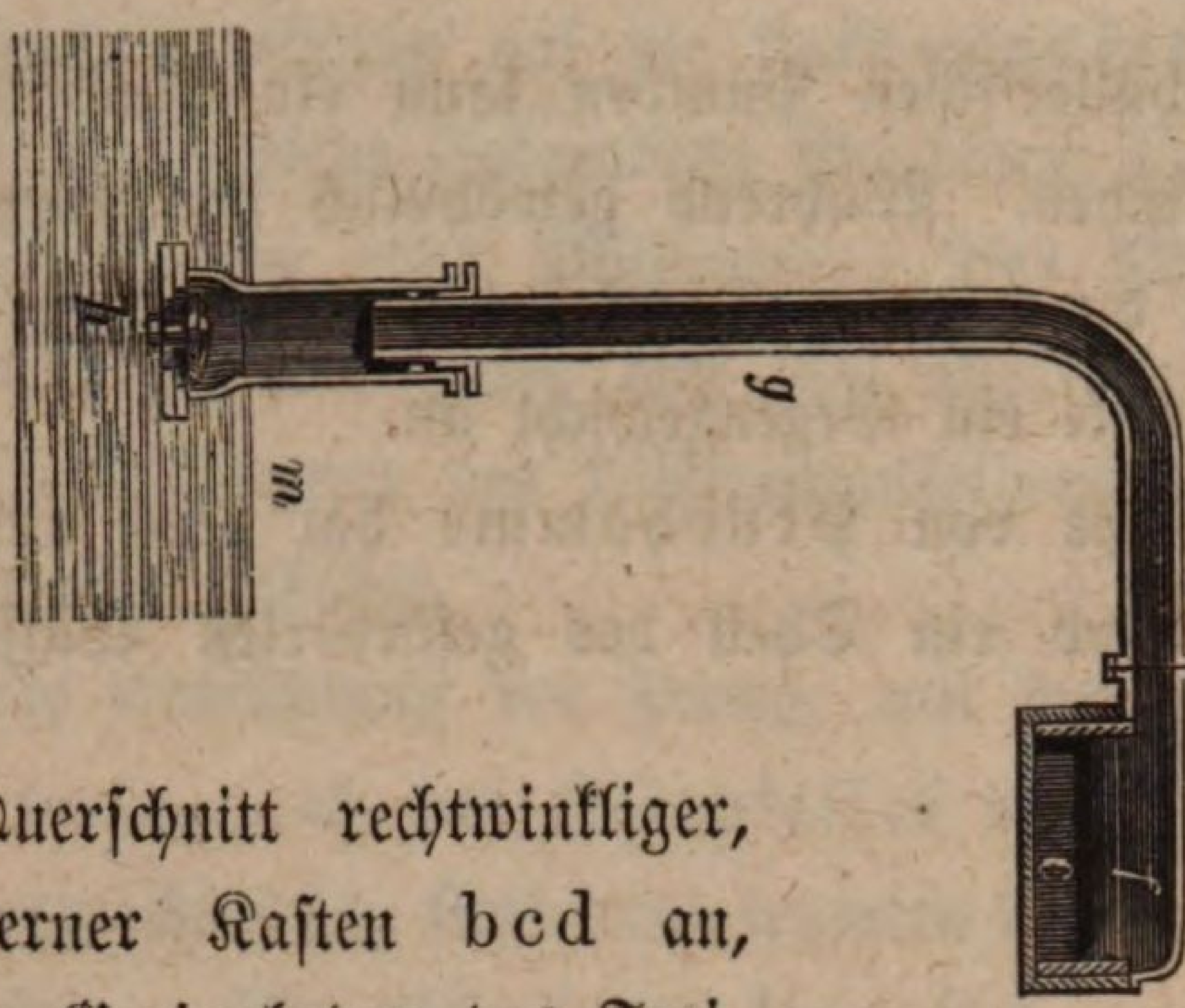


Fig. 65.

Direkt an die Freifluth, hinter dem vertikal stellbaren Schützen a (Fig. 65), schließt sich ein im Querschnitt rechtwinkliger, länglicher hölzerner Kasten bcd an, welcher auf dem Gerinnboden des Freigerinnes befestigt ist. Dieser Kasten ist von b bis c in vertikalem Sinne konisch zugespitzt, um den Eintritt des Wassers zu erleichtern; er ist ferner von c bis d in horizontalem Sinne konisch erweitert, um ihn zum Ansaugen des bei e in einem flachen Kanal eingeführten Steigwassers geeignet zu machen.

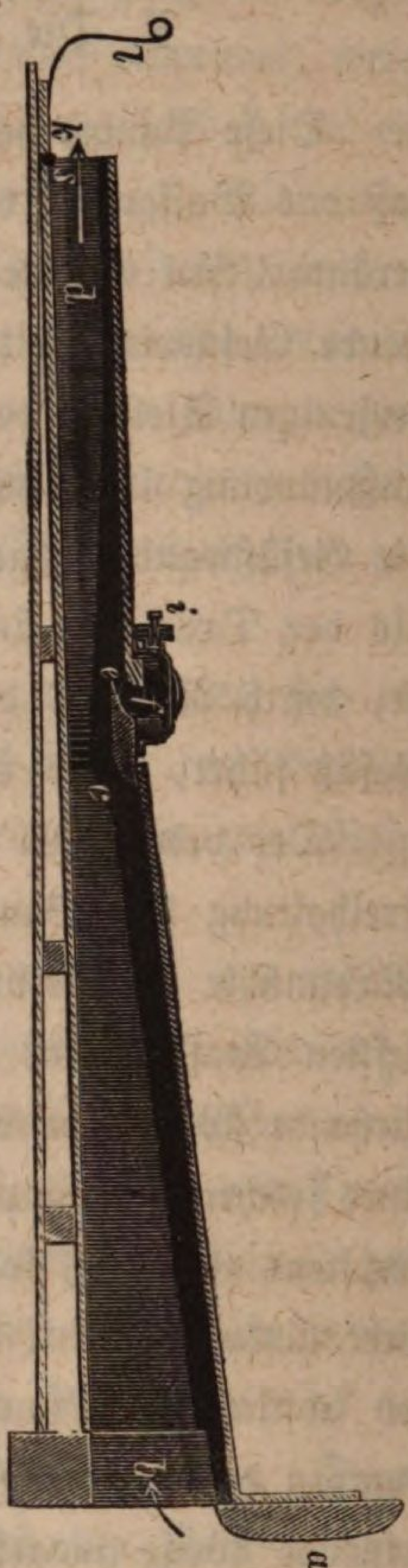


Fig. 66.

An der Stelle des Eintrittskanals e für das Saugwasser ist ein viereckiger eiserner Kasten f hermetisch anschließend an den Holzkasten angesetzt und geht ersterer in seiner seitlichen Verlängerung in einen kreisrunden Querschnitt von 9 Zoll engl. (23 Centimeter) lichtem Durchmesser über. Die ebenfalls 9 Zoll weite Saugröhre g (Fig. 66) ist an diesen Kasten angeschraubt und mündet mit ihrem unteren vertikalen Theile in die Baugrube m, aus welcher das Wasser zu schöpfen war. Nach dem Oeffnen der Schütze a fließt das Stauwasser

mit der von seiner Druckhöhe abhängigen Geschwindigkeit durch den Holzkasten bc, wird vor dem Saugkanal e contrahirt, findet dagegen von c bis d Gelegenheit, sich auszubreiten, wodurch bei e ein Evacuiren entsteht, welches bewirkt, daß die in f befindliche Luft, resp. das dort befindliche Wasser mit fortgerissen wird, so daß neues Wasser aus der Baugrube nach dem Holzkasten gesaugt wird.

Am Ende des Holzkastens war die um s drehbare Klappe k angebracht, welche dazu dient, bei Inbetriebsetzung des Apparates durch Anziehen mittels eines Flaschenzuges die Klappe so weit aufzurichten, daß das Wasser gezwungen wird, zunächst den divergenten Theil cd des Holzkastens auszufüllen und der Apparat gleich zum Ansaugen kommt.

Um dem allmähligen Vertiefen der Baugrube zu genügen, war der untere Theil der Saugröhre teleskopartig ausschiebbar eingerichtet. In dem eisernen Kasten f ist noch ein durch zwei Schrauben von außen her stellbarer Schieber i angebracht, welcher auf dem Kanal e gleitet und dazu dient, diesen Kanal nach Bedürfniß erweitern oder verengen zu können.

Damit das angesaugte Wasser nicht mehr in die Baugrube zurückfallen kann, war die Saugröhre mit dem Fußventile h versehen.

Das Entleeren und Freihalten wurde durch den eben beschriebenen Apparat vollständig erreicht.

Die 80 Fuß engl. (24,4 Meter) lange und 18½ Fuß engl. (5,6 Meter) breite Baugrube wurde bis auf mehr als 8 Fuß (2,4 Meter) Tiefe im Verlaufe einer kleinen halben Stunde frei von Wasser gemacht und durch die weitere Thätigkeit des keinerlei Bedienung beanspruchenden Apparates auch frei von Wasser erhalten. Das der Baugrube entnommene Wasser war nichts weniger als rein, so zwar, daß es für den Betrieb eines gewöhnlichen Pumpenwerkes unzweifelhaft beträchtliche Störungen herbeigeführt

haben würde. Selbst als die Saughöhe die Gefällhöhe des Betriebswassers (6 bis 8 Fuß engl. [1,8 = 2,4 Meter]) übertraf, funktionirte der Apparat noch richtig weiter.

Der gewählte rektanguläre Querschnitt, welcher durch die aus pecuniären Rücksichten vorgezogene Holzconstruktion geboten war, erwies sich außerdem auch wegen der ohnedies rektangulären Schützenöffnung und wegen der dadurch ermöglichten leichten Stellbarkeit des Saugkanals e als praktisch.

Die Wasserstrahlpumpe von Nagel hat sich in ihrer Anwendung vollkommen bewährt und bietet deßhalb in allen Fällen, wo die nöthige Wasserkraft vorhanden ist, ein äußerst billiges und einfaches Mittel zur Freihaltung der Baugruben.

## G. Die Pumpenkolben.

Ein guter Pumpenkolben soll luft- und wasserdicht an die innere Wand des Pumpencylinders anschließen, ohne dabei eine größere Reibung, als unumgänglich nothwendig ist, zu verursachen. Bei Ventilkolben muß sich bei dem Niedergange das Kolbenventil leicht und möglichst weit öffnen, um dem Wasser einen ungehinderten Durchgang zu gestatten, dagegen muß sich dasselbe bei dem tiefsten Stande des Kolbens augenblicklich schließen, um das Zurückfallen des Wassers zu verhindern.

Die Kolbenkörper sind in der Regel von Gußeisen oder Messing und zwar haben diese Körper gewöhnlich einen etwas kleineren Durchmesser als der Pumpencylinder, in welchen sie erst durch eine Liderung von Hanf, Leder oder Kautschuk luft- und wasserdicht eingetrieben werden. Man erreicht dadurch den Vortheil, daß sich der Kolbenkörper nicht abnützt, sondern nur die Liderung, die von Zeit zu Zeit leicht erneuert werden kann.

## a. Ventilkolben.

### 1) Ventilkolben mit Scheibenliderung.

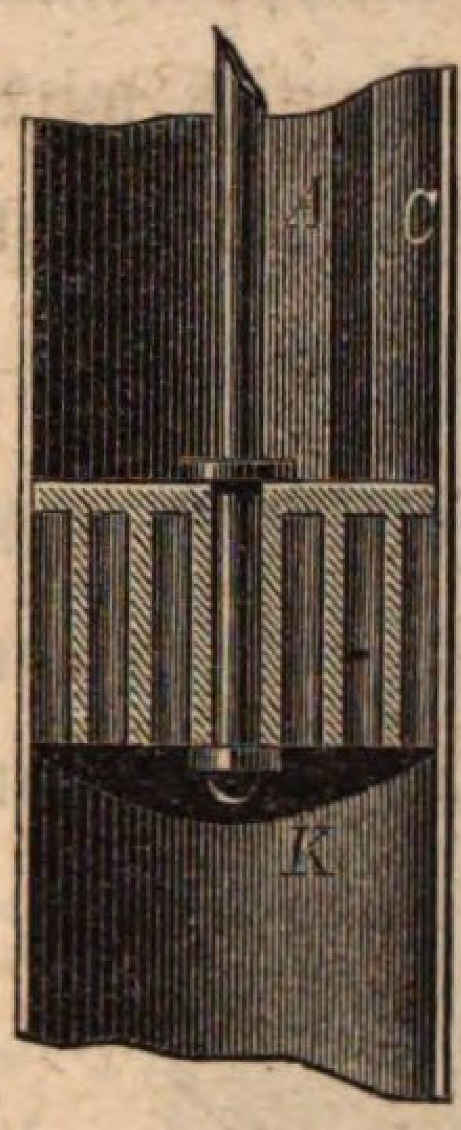


Fig. 67.

Der Kolbenkörper K (Fig. 67) selbst besteht aus Buchen= oder sonstigem harten Holz und ist etwas kleiner als die Weite des Cylinders C. Derselbe hat mehrere in der Richtung der Kolbenstange A durchgebohrte Löcher und ist von oben durch eine kreisförmige, aus starkem Sohlleder geschnittene Scheibe, die etwas größer ist als die Cylinderbohrung und in der Mitte von der durch die Axe des Kolbens gehenden eisernen Kolbenstange K, welche unten mit einer Mutterschraube angezogen wird, zugleich mit befestigt ist. Diese in Fett gekochte oder damit gedrängte Lederscheibe bildet sonach auf eine höchst einfache, wenn auch nicht sehr vortheilhafte Weise, nicht nur die Kolbenliderung, sondern zugleich auch das Kolbenventil. Diese Kolben haben den Nachtheil, daß das Holz des Kolbenkörpers bald schwindet, bald quillt, und die Lederscheibe durch den Gebrauch sich bald abnützt und nicht mehr gut schließt.

### 2) Ventilkolben mit Kappen= oder Stulpliderung.



Fig. 68.

Der hohle Kolbenkörper (Fig. 68) besteht hier aus in Oel gesottenem Eichen= oder besser Buchenholz, welches oben bei a schief eingedreht ist, um die nach aufwärts sich erweiternde Lederkappe k aus starkem Sohlleder, dessen Fleischseite nach Außen gekehrt ist, aufzunehmen. Diese Kappe ist rund herum auf den Kolbenkörper aufgenagelt und die beiden zusammenstoßenden Ränder

derselben sind entweder zusammengenäht oder greifen auch nur abgeschrägt über einander. Für hohen Wasserdruck macht man den Kolbenkörper um 2 Centimeter kleiner, die Lederkappe dagegen am oberen Rande um 6 bis 12 Millimeter weiter im Durchmesser als den Pumpenstiefel. Der Kolben hat ein einfaches Klappenventil d und der als Scharnier dienende Lederlappen dieses Ventils wird durch den eisernen Bügel bc, in den die Kolbenstange eingehängt ist, auf dem Kolbenkörper befestigt.

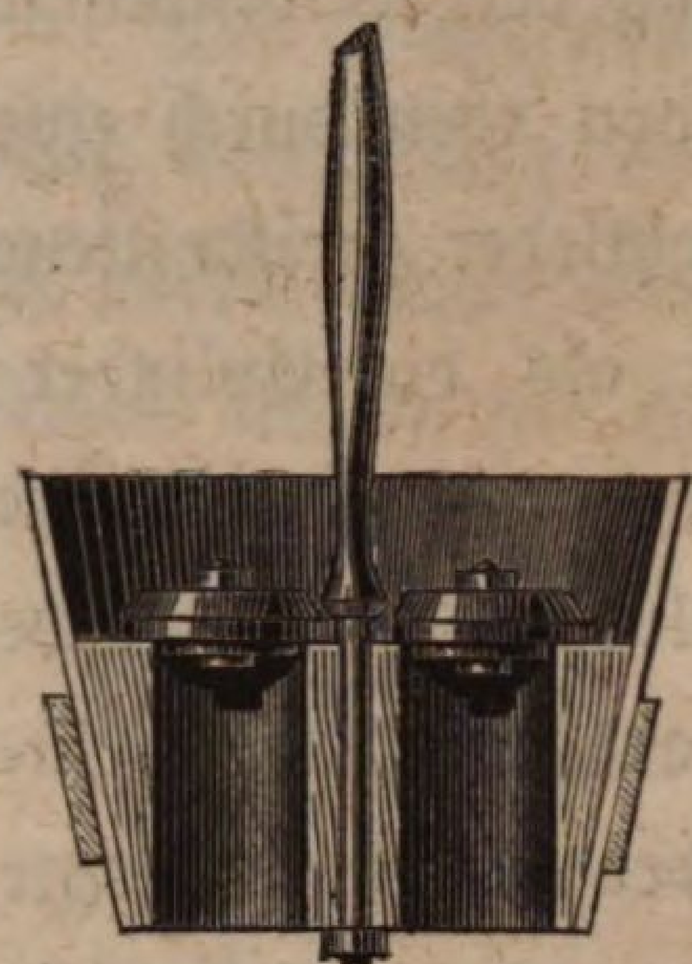


Fig. 69.

Der Kolbenkörper (Fig. 69) besteht aus Gußeisen und der Lederstulp wird auf diesem conischen Körper durch einen aufgetriebenen Ring a festgehalten. Das doppelte Klappenventil ist hier um einen stegartigen Lederstreifen, welcher in der Mitte durch die Kolbenstange b festgehalten wird, wie um ein Scharnier beweglich.

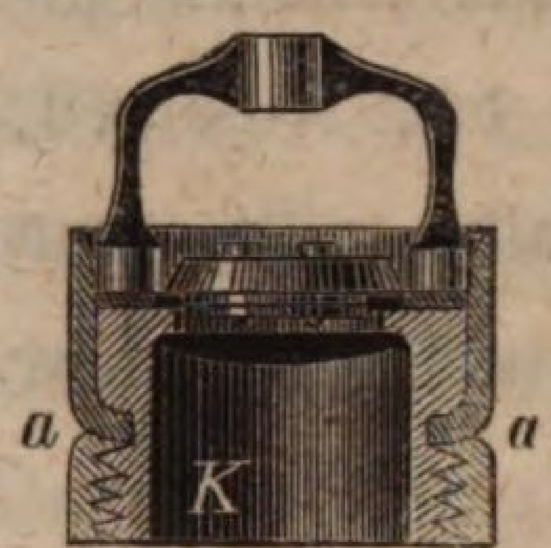



Fig. 70.

Der Kolbenkörper (Fig. 70) bildet ein unten abgesetzter und mit einem Schraubengewinde versehener hohler Cylinder K, über welchen ein kappenförmiger Lederstulp gezogen ist, der durch die Schraubenmutter a befestigt wird.

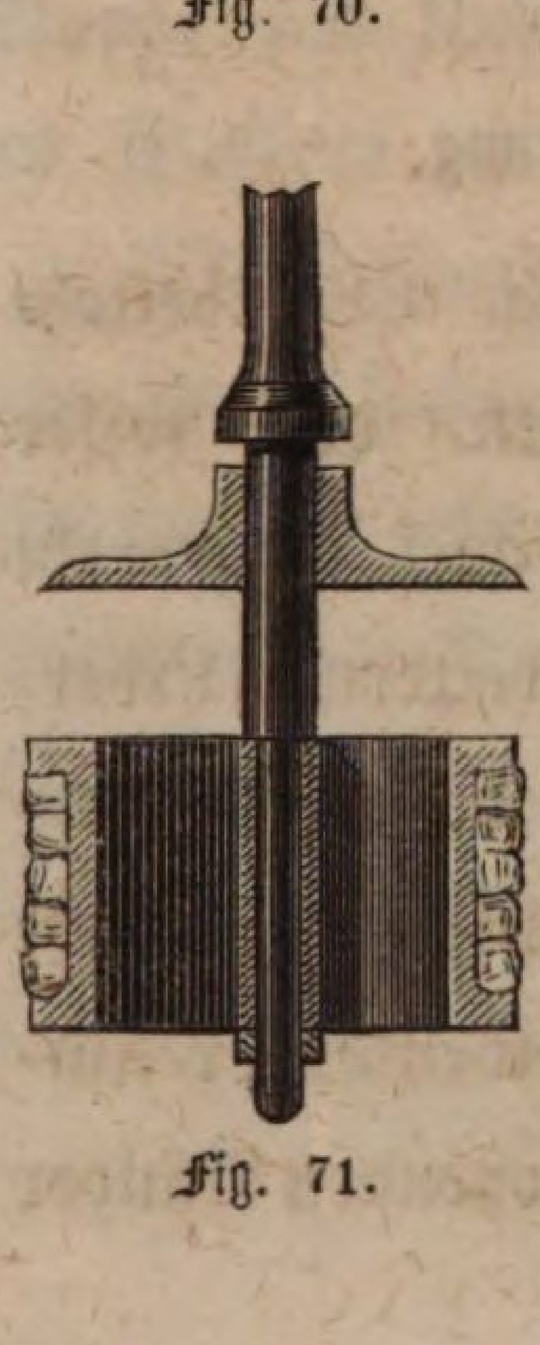


Fig. 71.

Für heiße Flüssigkeiten kann man kein Lederventil anwenden, sondern es wird der metallene Kolben K (Fig. 71) mit mehreren Löchern l in der Richtung der Kolbenstange durchbohrt und oben mit einem genau aufgeschliffenen metallenen Deckel D versehen, welcher auf dem unteren Theile der Kolbenstange spielen kann. Der äußere Umfang des Kolbens wird etwas eingedreht und mit in geschmolzenem Talg getränktem Werg umwickelt.

### 3 Ventilkolben mit Saugventilen.

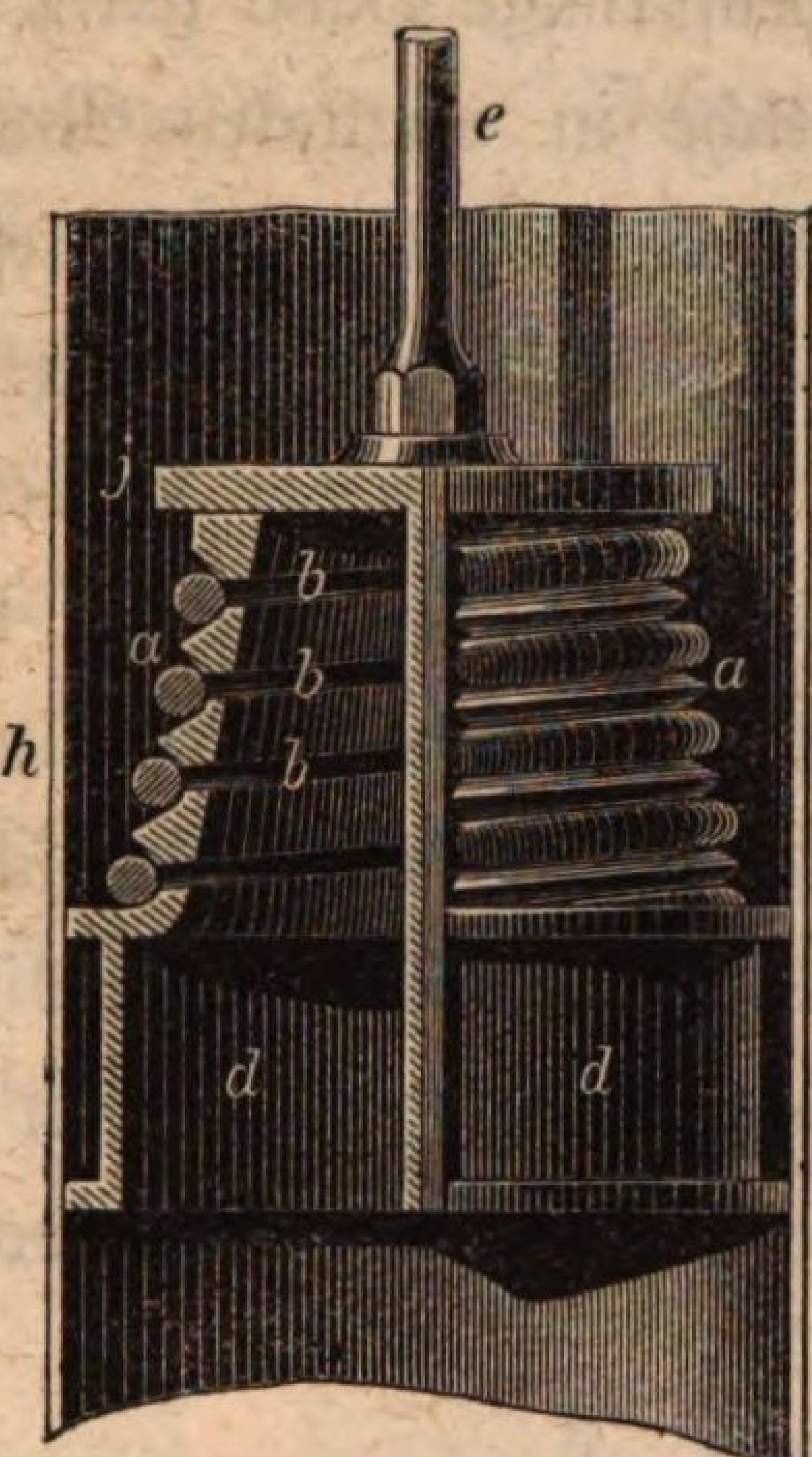



Fig. 72.

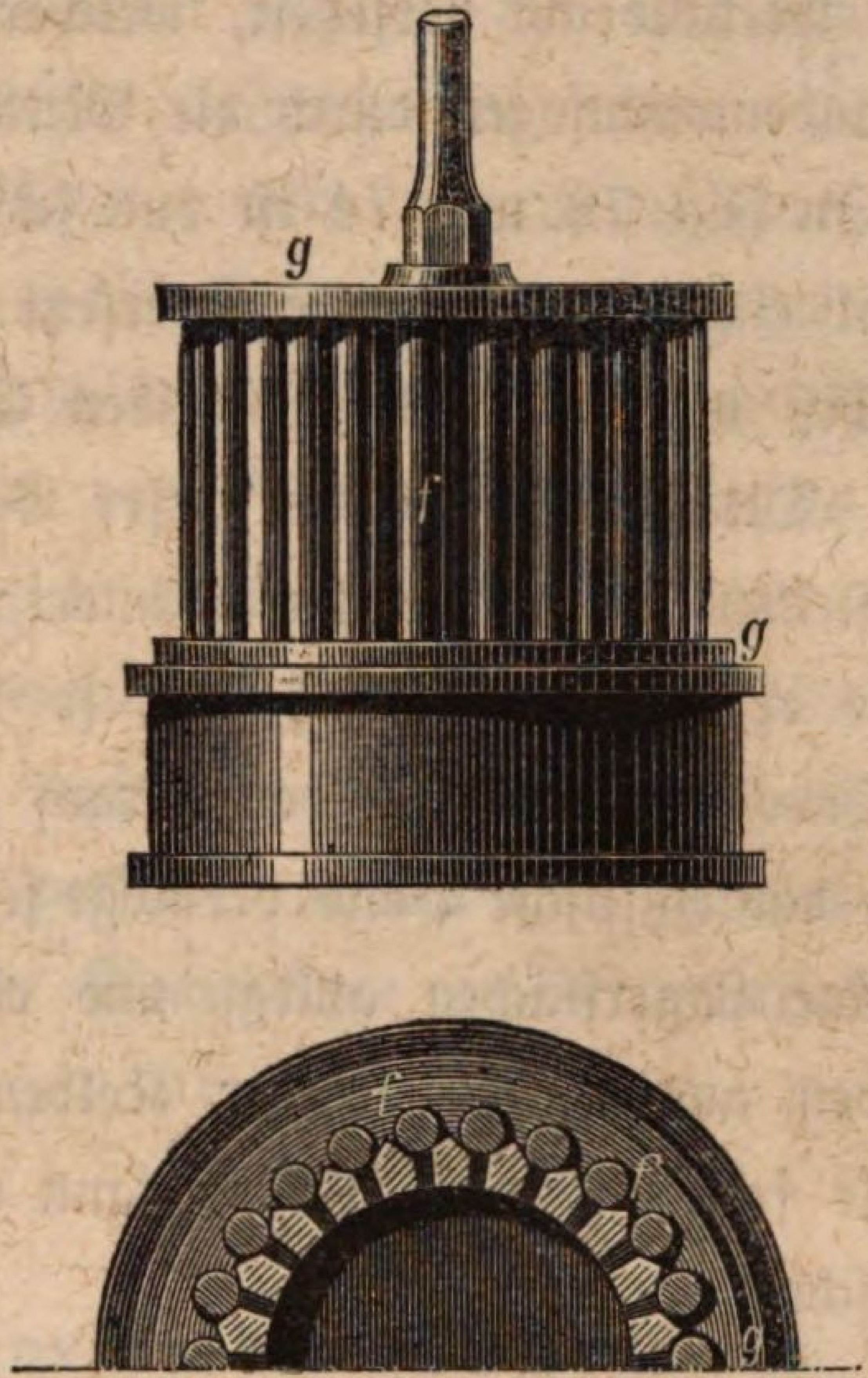



Fig. 73 und 74.

a in Fig. 72 ist eine in die Außenwand des Sitzes j eingedrehte Nuthe von conischer Gestalt. Die Nuthe läuft in einer Schraubenwindung von der Basis bis zur Spitze um den Sitz herum und ihre Querschnittsform ist von der Beschaffenheit des einzulegenden Dichtungsstreifens abhängig. Kanäle b verbinden die Nuthe mit dem Innern des Sitzes. Form und Material des Sitzes sind den Umständen anzupassen. In der Nuthe liegt ein Band c aus Kautschuk oder einem anderen elastischen Material, welches in einer fortlaufenden Länge um den Sitz herum gelegt ist; bei Anwendung von mehreren Schraubenwindungen muß jede der entsprechenden Nuthen ein solches fortlaufendes Band erhalten. Das Band ist mit einem Ende so am Sitze befestigt, daß es sich leicht auswechseln und der Druck desselben gegen den Sitz sich leicht

reguliren läßt. Die Querschnittsform des Bandes ist willkürlich; im vorliegenden Falle ist die Kreisform gewählt. Soll das Band Festigkeit und eine gewisse Steifigkeit erhalten, so kann man es mit einem Metalldraht versehen, welcher in mehr oder weniger steilen Schraubenwindungen durch die Mitte desselben hindurchläuft.

In Fig. 73 und 74 ist das schraubenförmige Band durch eine Anzahl elastischer Schnüre f ersetzt, welche in vertikalen Nuthen den Sitz umgeben und an beiden Enden durch Ringe g befestigt sind. Die Wirkungsweise dieser Ventile soll an dem in Fig. 72 dargestellten Pumpenkolben erläutert werden. Wird der Kolben d mittels der Stange e gehoben, so verschließt das Band c, weil der Druck über dem Kolben darauf wirkt, alle Kanäle der Nuthe, indem das elastische Band vermöge seiner Schmiegsamkeit sich scharf an seine Lagerflächen anlegt und einen gleichmäßigen Druck auf dieselben ausübt. Geht der Kolben niederwärts, so werden die Kanäle frei und das Wasser kann ungehindert durch ihren vollen Querschnitt austreten.

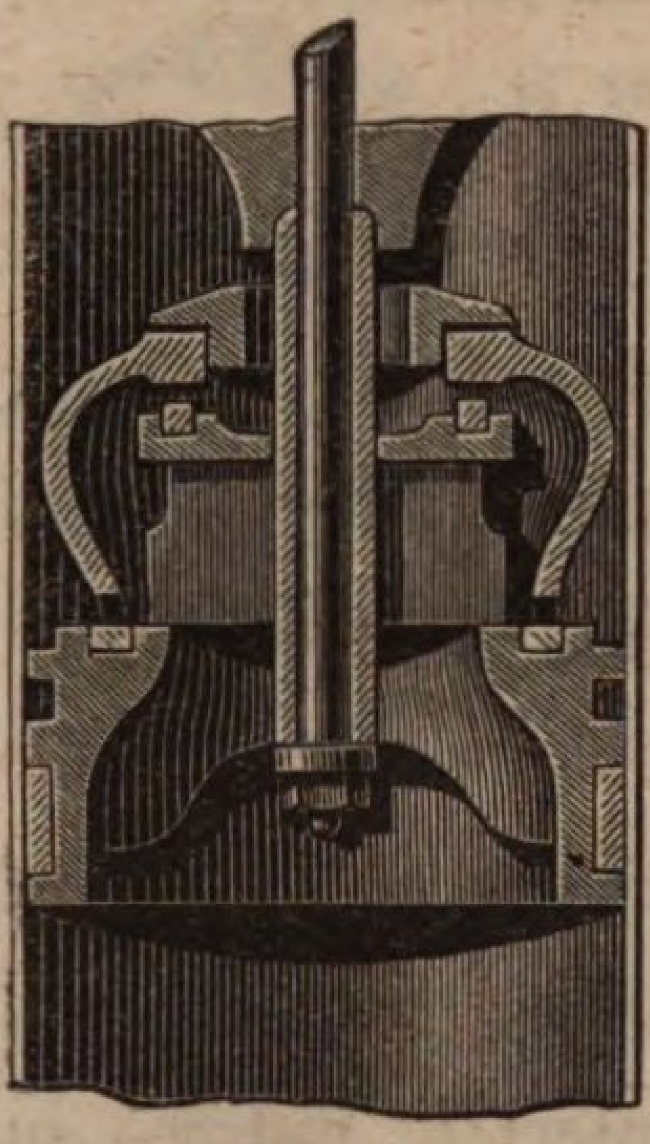


Fig. 75.

#### 4) Ventilkolben mit Doppelsitzventil.

Nebenstehende Fig. 75 ist ein Ventilkolben mit Doppelsitzventil; in jede der beiden Sitzflächen des Glockenventils sind Rinnen eingedreht, und in diese Ringe von Guttapercha als Dichtungsmittel warm eingetrieben.

#### 5) Ein Ventilkolben mit Metallliderung

ist durch nachstehende Skizze (Fig. 76) gezeichnet. a ist der gußeiserne Kolbenkörper, der nach unten zu verjüngt abgedreht ist. Ueber dem Kolbenkörper, welcher an seinem oberen Ende 20¼ Zoll

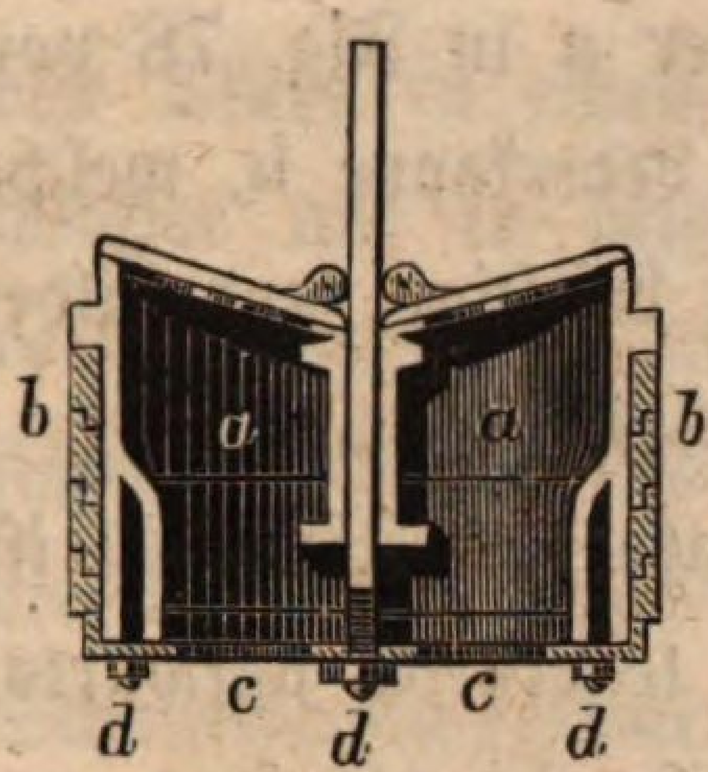


Fig. 76.

an seinem unteren Ende $21^1/_4$ Zoll hat, sind 4 broncene, nach gleicher Conizität ausgedrehte Ringe b geschoben, welche mit Nuth und Feder in einander schließen und nach dem Zusammenschleifen aufgeschnitten sind.

Der Ring c wird von unten durch die Schrauben d festgehalten; dieser Ring hat einen etwas geringeren Durchmesser als der Cylinder, an den sich die Bronceringe b anlegen. Zweck des Ringes c ist, mittels der Schrauben d die Liderungsringe b emporzudrücken, die sich dann expandirend gegen die Cylinderwand dichtend anlegen. Sind die Ringe so weit hinaufgeschraubt, daß der oberste gegen den Ansatz des Kolbenkörpers tritt, so wird derselbe entfernt und zwischen dem untersten Bronceringe und dem Spannringe c ein neuer Ring eingesetzt.

### b. Massive Kolben.

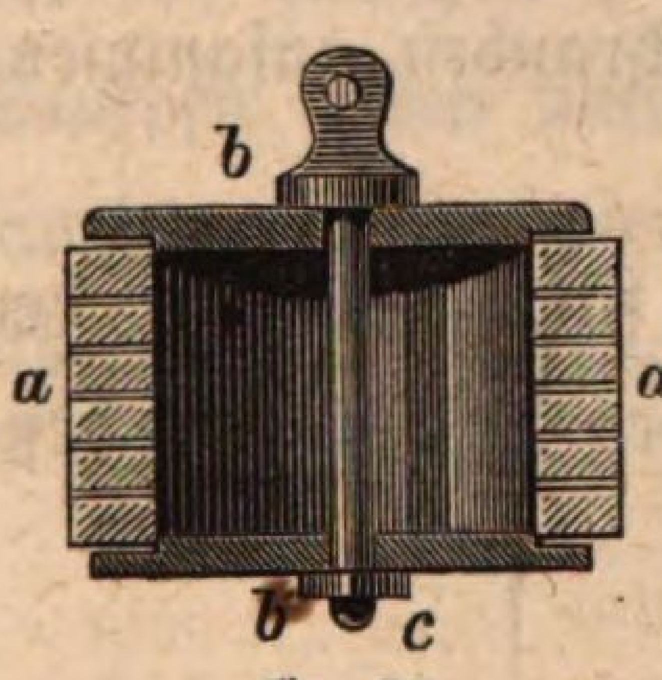


Fig. 77.

Mehrere Leder- oder, besonders bei heißen Flüssigkeiten, Filzscheiben a (Fig. 77) von der Größe des Pumpencylinders sind auf einander gelegt, oben und unten durch zwei etwas kleinere Metallscheiben b bedeckt und durch den mitten durchgehenden Stift c mittels dessen Schraubenmutter fest zusammengepreßt. Ebenso kann man auch der Hanfliderung sich bedienen, indem man Hanfzöpfe oder aufgedrehte Stricke zwischen die beiden Metallplatten a legt und diese nach Maaßgabe ihrer Abnützung durch das weitere Zusammenschrauben dieser Platten immer wieder so dicht gegen den Umfang des Pumpencylinders preßt, als es, ohne eine unnütze Reibung zu erzeugen, eben nöthig ist; selbst ein eingelegter, einige Zoll breiter Lederriemen kann oft mit Vortheil verwendet werden.

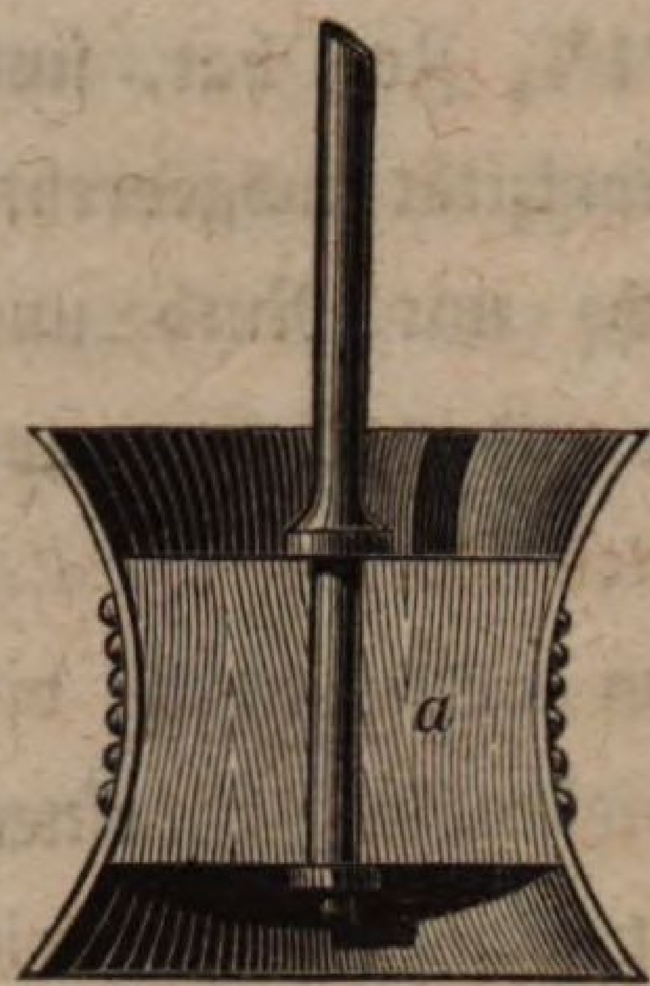



Fig. 78.

Um einen Kolbenkörper a in Fig. 78 von Holz oder Metall ist eine Lederkappe b, welche oben und unten vorsteht, befestigt, und bildet so eine Art doppelte Stulpliderung.




Fig. 79.

Ueber eine Metallplatte a (Fig. 79) ist eine starke Lederscheibe b tellerartig aufwärts, ebenso eine zweite Scheibe b′ abwärts gebogen, und beide Scheiben bb′, zwischen welche noch eine Lederscheibe c gelegt wird, werden mittels der von unten angezogenen Schraubenmutter der Kolbenstange fest an einander gepreßt.

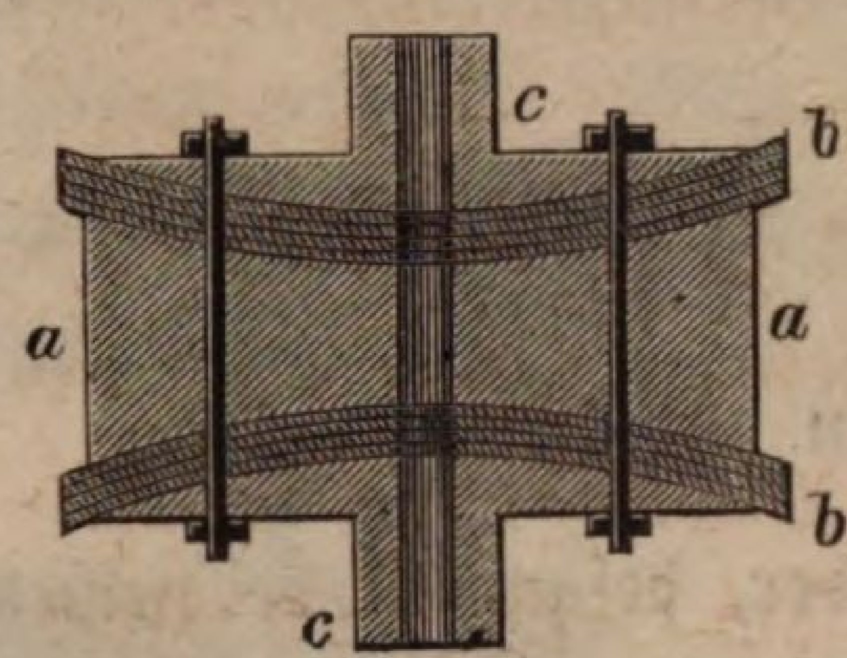



Fig. 80.

Die neben gezeichnete Sturzliderung (Fig. 80) kann einfach oder wie hier doppelt sein. In dem oben und unten tellerförmig ausgedrehten metallenen Kolbenkörper a werden mehrere Lederscheiben b eingelegt und durch die aufgelegten Preßplatten c mittels Schrauben zusammengepreßt.

Verschiedene andere Kolbenconstruktionen sind schon in den vorhergehenden Kapiteln näher beschrieben worden und können deßhalb hier übergangen werden.

### c. Conservirung des Kolbenleders.

Um das Leder, welches bei den Pumpenkolben zu Stulpen oder Liderungsriemen angewendet wird, dauerhafter zu machen, ist das Tränken desselben mit Theer zu empfehlen.

Die fertig hergestellten Stulpen oder Riemen werden zu diesem Zwecke mehrere Tage lang in einem mäßig geheizten Raume allmählig getrocknet und auf folgende Weise getränkt. Man erwärmt

den Theer in einem eisernen Gefäße bis er so dünnflüssig wie Wasser und so heiß wird, daß man einen Finger, ohne ihn zu verbrennen, noch in denselben eintauchen kann. In diese dünnflüssige, warme Masse werden die Riemen so lange eingehängt, bis keine Luftblasen mehr entweichen und das Leder auf frischen Schnittflächen schwarz, also vom Theer völlig durchdrungen erscheint. Darauf hängt man die Riemen an einer passenden, mäßig warmen Stelle auf, bis der an der Außenfläche noch haftende Theer abgelaufen oder vom Leder aufgesaugt ist und die Riemen überhaupt trocken geworden sind. Ist so der Theer in das Leder vollständig eingezogen, so daß die Riemen bei durchaus deutlich erkennbarer Textur des Leders schwarz gefärbt und matt erscheinen, so können sie in gewöhnlicher Weise in Gebrauch genommen werden.

Nach den in der Praxis angestellten Versuchen schwankt der Verbrauch des Theeres zum Tränken eines etwa 1½ Pfund schweren Riemens von 4 Zoll Breite für einen 12 Zoll weiten Pumpencylinder, je nach der mehr oder weniger festen Beschaffenheit des Leders, zwischen 1½ bis 3 Loth und die getheerten Riemen oder Stulpen haben unter denselben Umständen und bei gleicher Wirksamkeit um den vierten bis sechsten Theil der Zeit länger gehalten als die ungetheerten.

## H. Die Pumpenventile.

Das Verhältniß zwischen dem Umfang der Ventildurchgangsöffnung und der Lieferung der Pumpen ist von großer Bedeutung; je größer dasselbe ist, desto weniger Stöße werden vorkommen. Durch Vermehrung der Pumpengeschwindigkeit kann man dieses Verhältniß so weit vermindern, daß nachtheilige Stöße entstehen, und aus diesem Grunde darf man großen Pumpen nur eine kleine Geschwindigkeit geben. Als zweckmäßiges Verhältniß kann man annehmen 0,05 Meter bis 0,08 Meter Umfang der Ventilöffnung

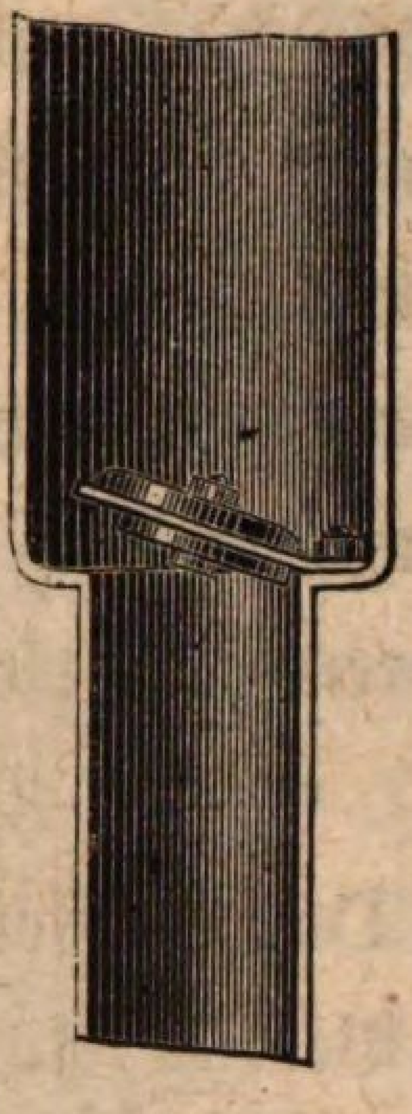
auf 1 Liter Wasser pr. Sekunde. Das große Gewicht der Rothgußventile trägt zwar dazu bei, den Schluß zu beschleunigen und daher die Stöße zu vermindern, hat aber anderseits den Nachtheil, daß es durch die Contraktion, welche das Wasser unter dem starken Drucke des Ventiles erleidet, zu einem Kraftverlust Veranlassung giebt. Von diesem Gesichtspunkte aus dürfte es vortheilhafter sein, leichtere Ventile anzuwenden, die aber einen größeren Umfang der Durchgangsöffnung haben.

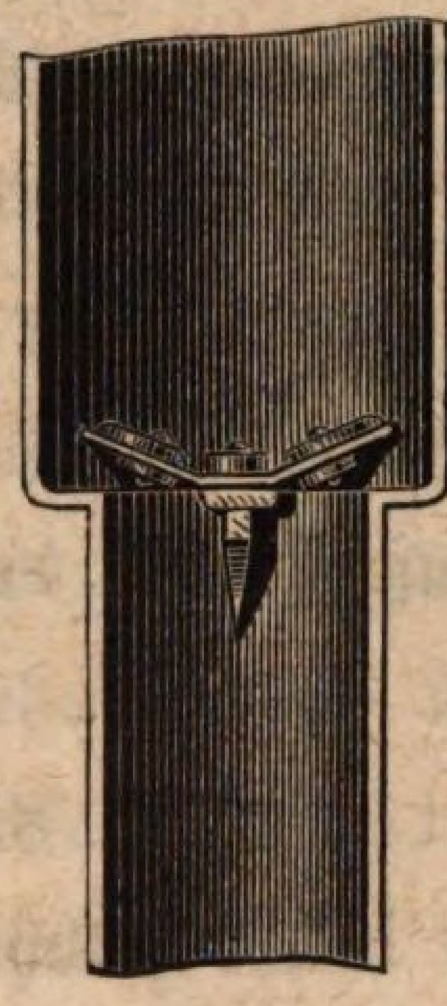
Die gute Wirkung einer Wasserhebungsmaschine hängt zum großen Theile auch von der Vollkommenheit der Pumpenventile ab. Dieselben müssen so eingerichtet sein, daß sie das Wasser leicht und schnell durchfließen lassen und beim Aufsetzen nicht anstoßen.

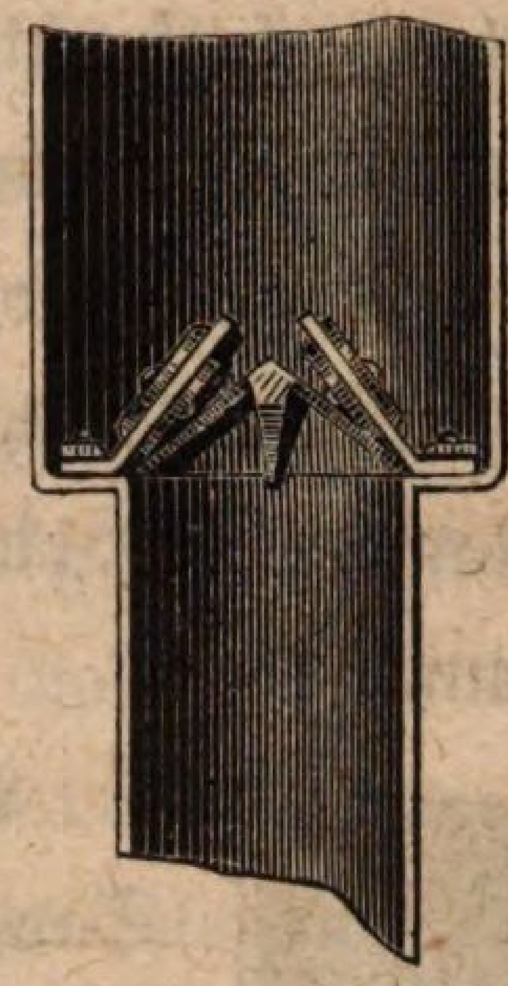
Die gewöhnlichsten Ventile sind die Klappenventile; die Klappe der Ventile wird in ihrer Flächenausdehnung um 4 bis 6 Linien größer als die Ventilöffnung gemacht, so wie es auch gut ist, an der oberen Fläche des Ventilsitzes durch Ausdrehung eine mit der Ventilöffnung concentrische Rinne von 2 bis 3 Linien Tiefe, mit einem $1\frac{1}{2}$ bis 1 Linien breiten Rand für den Sitz oder die Auflage der Klappe, zu bilden. Für größere Saugöffnungen wendet man das doppelte Klappenventil an; bei diesem befestigt man die beiden Klappen (Schmetterlingsflügel) an einen mitten über die Oeffnung des Ventils gehenden Steg.

Die Klappenventile, welche ihren Aufschlag am Umfange des Ventilgehäuses haben, wie nachstehende Skizzen (Fig. 81 und 82) zeigen, verursachen eine bedeutende Ablenkung des Wassers aus der geraden Richtung; eine bessere Anordnung der Klappenventile besteht darin, daß die Klappen mit ihrer Drehaxe am Umfange befestigt werden, wie in Fig. 83, und dann schräg ansteigend in der Mitte des Gehäuses aufschlagen, zu welchem Zwecke quer durch die Mitte der Ventilöffnung ebenfalls ein Steg angebracht ist. Bei dieser Anordnung wird der Wasserstrom aus der Richtung der Rohr-

axe nicht abgelenkt und ist der Reibungswiderstand sogar geringer als bei Glockenventilen.


Fig. 81.


Fig. 82.


Fig. 83.

Sämmtliche Ventilgehäuse sollen derart zugänglich sein, daß schadhafte Ventile jederzeit bequem ausgewechselt werden können, zu welchem Zwecke an den Gehäusen Deckel angebracht werden, die mit Schrauben oder Bügel darauf gedichtet sind.

Ein verbessertes Klappenventil ist das folgend beschriebene und in Fig. 84 abgebi dete. Es ist aus Kautschuk und Leder so zusammengesetzt, daß die Vortheile beider Materialien benützt und dagegen ihre Nachtheile vermieden werden.

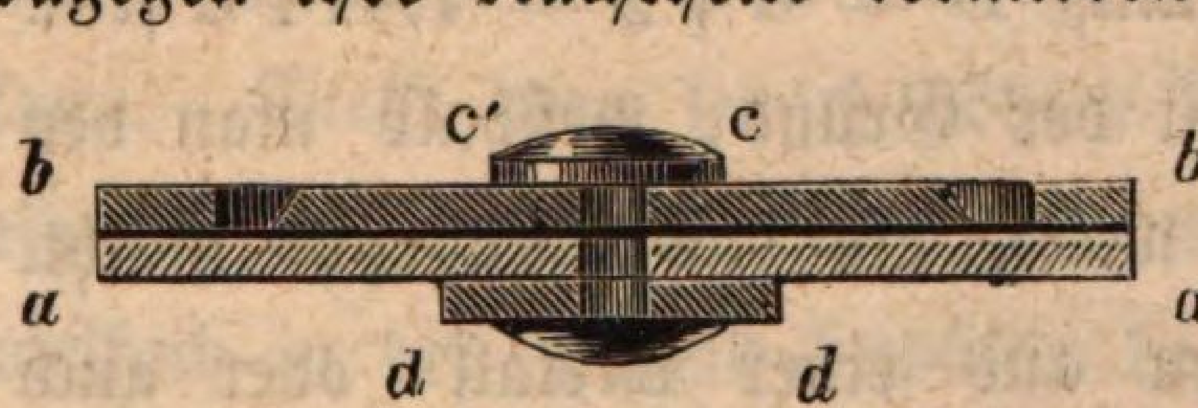


Fig. 84.

Die Klappe besteht aus einer Kautschukscheibe a, welche zugleich die Dichtung bewirkt, und einem darauf befestigten Lederring b; es ist durch eine Metallplatte c belastet, die durch eine Niete mit der Unterlagscheibe d verbunden ist.

Auch eine Art Klappenventil ist das Balancierventil, bei welchem sich die metallene Klappe um eine Axe dreht, die die Klappe in zwei ungleiche Hälften theilt, deren Breiten sich wie 7 : 5 verhalten. Die Klappe ist in dem Ventilsitz so eingeschliffen, daß der größere Flügel von oben nach unten, der untere von unten nach oben schließt, so muß sich beim Aufwärtssteigen des Wassers (da

es auf die Fläche des größeren Flügels einen größeren Druck als auf jene des kleineren ausübt) das Ventil um seine Axe so drehen, daß der größere Flügel aufwärts, der kleinere abwärts und die ganze Klappe senkrecht zu stehen kommt und dem durch die Oeffnung strömenden Wasser nur mit seiner Dicke entgegensteht.

Die Kegel- oder Glockenventile erfordern für den ungehemmten Durchgang des Wassers, daß das Ventil so hoch ausheben kann, daß die Ausflußöffnung dem inneren Querschnitte gleichkommt.

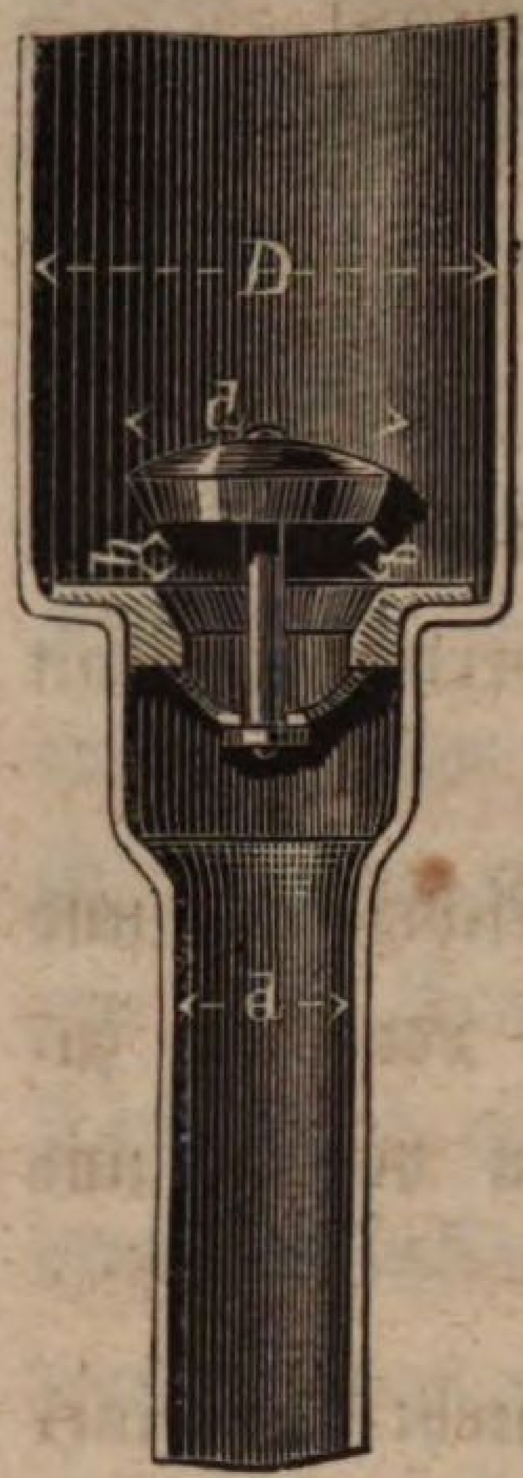


Fig. 85.

Bezeichnet d (Fig. 85) den Durchmesser des Saugrohres, h die Hubhöhe des Ventils, so muß $\frac{1}{4} d^2 \pi = b d \pi$ sein, woraus $b = \frac{1}{4} d$. Da aber das Wasser bei Pumpen, wo sich das Saugventil im Boden des Stiefels befindet, zwischen dessen Wand und dem Kegelventil gehörigen Raum finden muß, so ist, wenn D den Durchmesser des Stiefels und $d_1$ den der oberen Basis des Ventilkegels bezeichnet, $\frac{1}{4}(D^2 - d_1{}^2)\pi = \frac{1}{2} d^2 \pi$ oder

$$D = \sqrt{d^2 + d_1{}^2}.$$

Ist $d = d_1$, so muß $D = d\sqrt{2} = 1{,}414\, d$ sein. Dieß ist auch mit der Grund, weßhalb man den Pumpencylinder weiter als das Saugrohr macht.

Die Kugelventile bestehen aus einer Metall- oder auch Kautschukkugel, die sich einem kreisförmigen, conisch ausgedrehten Sitze, wie bei den Kegelventilen, anschließt. Sie haben vor diesen den Vortheil, daß sie in jeder beliebigen Lage in dem Sitz vollkommen dicht aufschließen. Den Kugelventilen ähnlich sind die Muschelventile, wovon nachstehend Beschreibung und Abbildung.

**Muschelventil mit nach oben gerichtetem Führungsstiel.**

Mit den Muschelventilen erreicht man die Vortheile der Kugelventile, ohne daß sie so viel Raum wie diese erfordern und auch nicht so kostspielig sind.

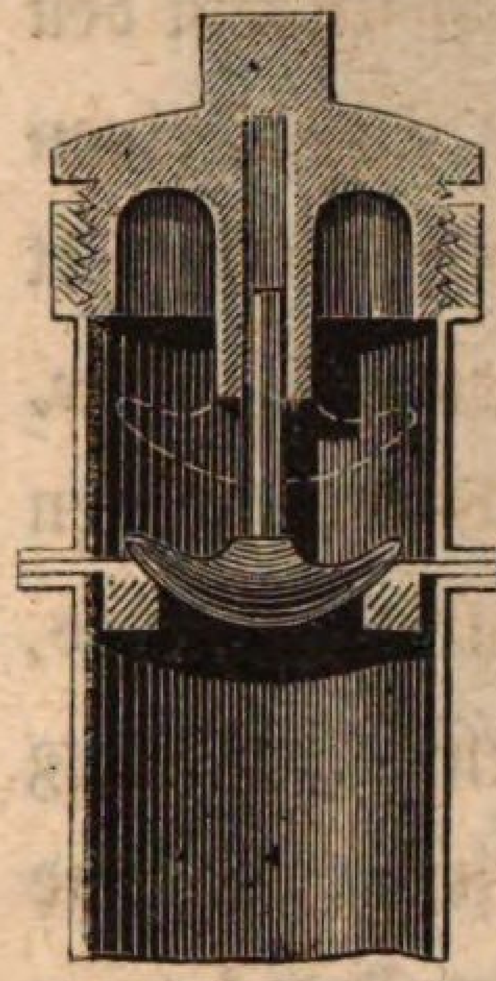


Fig. 86.

Es werden nämlich nach unten hin Verengungen der Wasserzuführungskanäle möglichst verhütet, das Herausnehmen der Ventile, nach Entfernen der Schließdeckel D (Fig. 86) und vor Allem das Einschleifen der Ventile wird sehr erleichtert, ferner ein Schrägstellen der sehr willig gehenden Führungsstifte für das Dichten an der Sitzstelle unschädlich gemacht, was bei gewöhnlichen Kegelventilen nicht immer der Fall ist.

Für große Pumpen werden hauptsächlich Klappenventile angewendet und es leistet für gewöhnliche Zwecke das Doppelklappenventil sehr gute Dienste, weil weder kostspielige Flächen aufzuschleifen sind, noch leicht Störungen durch Unreinigkeiten im Wasser eintreten können, und weil man sie leicht an Ort und Stelle ausbessern kann. Stellt man jedoch höhere Anforderungen an die Ventile, so eignen sich am besten die sogenannten Ringventile, die sich schon vielfach in der Praxis bewährt haben.

Diese Ventile haben eine solche Gestalt, daß sie durch eine seitliche oder geneigte Auflage die Oeffnung gegen die beiden Seitenwände, welche den Ventilsitz darstellen, verschließen. Der Querschnitt der elastischen Ventilringe kann rund, oval oder dreieckig sein. Ein solcher Ring wird entweder rings um einen cylindrischen Sitz herum aufgelegt oder er wird über einer ebenen Fläche, an Stelle der Klappenventile an den Saugpumpen angebracht, oder endlich man zertheilt ihn der Länge nach in mehrere Stücke, von denen wieder mehrere über einander liegen können, und legt die einzelnen

Stücke in gewissen Entfernungen von einander auf den entsprechend gestalteten Sitz auf. Der Druck des Wassers gegen die Innenfläche der Ventile dehnt dieselben aus und macht eine Oeffnung, während sie dagegen sich schließen, wenn der Druck von Innen aufgehoben wird. Die Sitze bilden fortlaufende cylindrische Oeffnungen ohne irgend welche Querstege, gegen welche die Ventile sich anlegen könnten, und lassen daher die Durchgangsöffnung, mag sie nun den ganzen Cylinder umfassen oder nur auf einen gewissen Theil, einen Sektor, sich erstrecken, völlig frei. Damit der Ventilring nicht durch die Oeffnung hindurch in den Cylinder hinein gezogen werde, macht man die Querschnittsdimension der Ringe größer als den Abstand zwischen den beiden Seitenwänden des Cylinderschlitzes, welche den Ventilsitz bilden. Giebt man z. B. dem Ventilring einen Querschnitt von 1 Zoll Durchmesser, während jener Abstand ½ Zoll beträgt, so würde ein ganz außerordentlicher Druck dazu gehören, um den Ring durch die Oeffnung des Sitzes hindurch zu drücken. Die Ventile können nur mit einem, oder auch mit zwei und noch mehr Ringen über einander hergestellt werden, je nachdem man die Ventilöffnung größer oder kleiner machen will.

Fig. 87 zeigt eine zusammengesetzte Ventilanordnung, bestehend aus drei über einander gelegten Ringventilen.

Fig. 88 zeigt die Anwendung Uförmiger Ringventile, ähnlich den Stulpliderungen der hydraulischen Pressen. Der innere Schenkel des U bildet das Saugventil, der äußere das Druckventil, und beide legen sich an eigens für sie angebrachte Sitze an. Die Anordnung läßt sich auch derart umkehren, daß der äußere Schenkel als Saugventil und der innere als Druckventil wirkt.

Ein Ringventil anderer Art ist das in Fig. 89 abgebildete, dessen Construktion aus der Zeichnung leicht ersichtlich ist. Große Ventile von 16 bis 20 Zoll dieser Art lassen sich gut aus Gußeisen mit hölzernen Sitzen herstellen; kleinere von 8 bis 15 Zoll werden besser aus Messing mit Messingsitzen hergestellt.

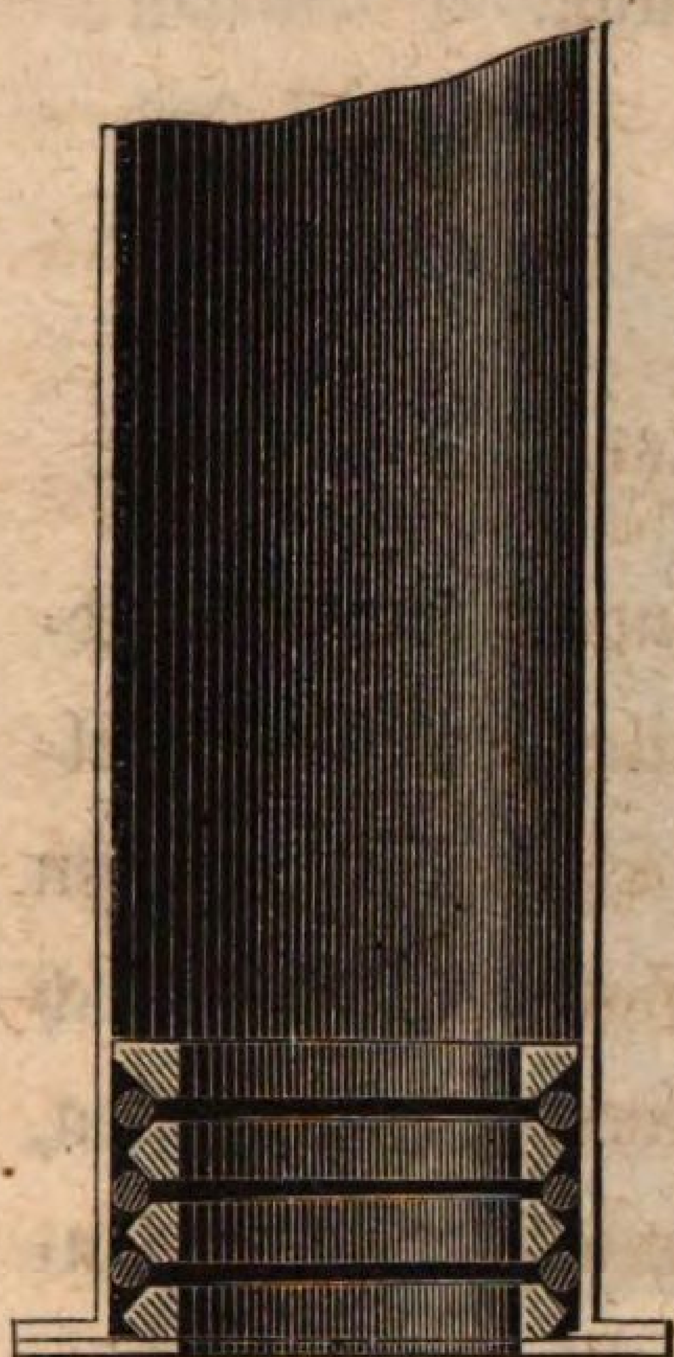


Fig. 87.

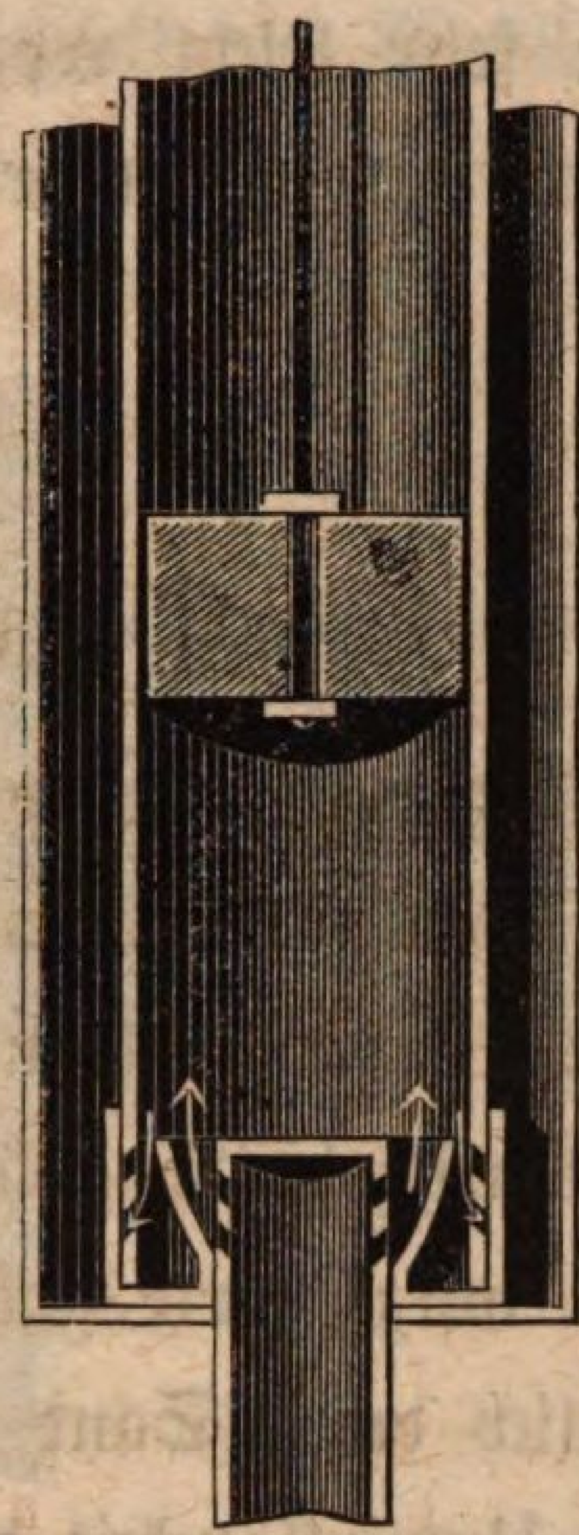


Fig. 88.

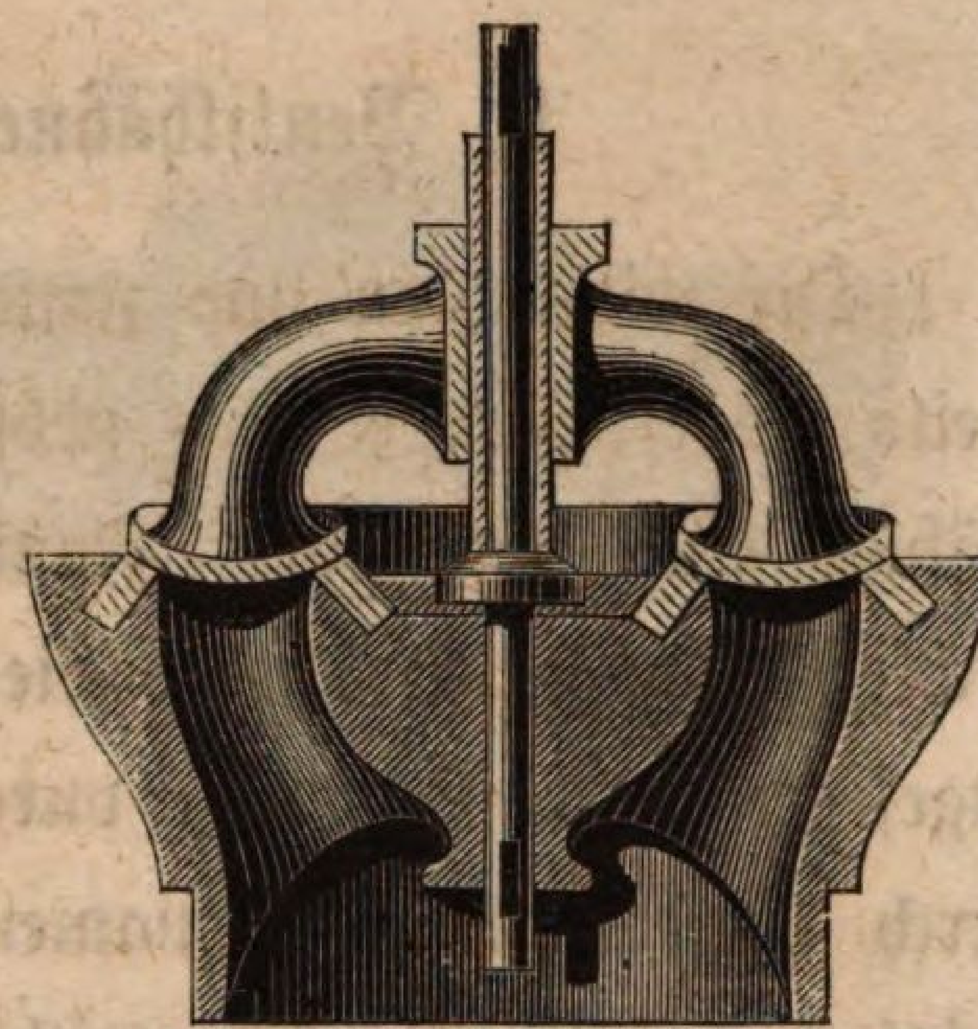


Fig. 89.

Auf den Wasserwerken zu Hull bedient man sich einer neuen Art von Ventilen, die sich sehr gut bewährt hat. Das Ventil besteht aus einer Pyramide von kugelförmigen Sitzen über einander, in welche eine gleiche Anzahl von Kugeln aus Guttapercha einfällt. Das Ventil hat 22 Zoll Durchmesser und arbeitet unter 160 Fuß Druckhöhe an einer Druckpumpe. Zuvörderst ist dieses Ventil sicherer als jede andere Art von Ventilen, wenn ein Stück Holz oder irgend ein anderer fremder Körper durch die Pumpe geht. Wird bei diesem Ventile durch eine der vielen kleinen Kugeln ein Stück Holz gefaßt, so hält dieß nur eine von 56 Kugeln gehoben, wodurch niemals ein Stillstand der Pumpen oder gar Beschädigungen veranlaßt werden können. Die Kugeln haben ferner beinahe gleiches specifisches Gewicht mit dem Wasser, sind daher im Gleichgewicht mit demselben und öffnen gerade in dem Augenblicke, wo die Strömung ankommt. Auch wird die beim Schließen des Ventils dem Wasserstoße ausgesetzte Fläche auf möglichst kleine Grenzen zurückgeführt und beträgt genau genommen nur den Druck gegen eine einzige Kugel, d. h. $1/_{56}$ des gesammten Ventilquerschnittes.

Endlich lassen sich diese Ventile sehr leicht repariren, indem man nur ein paar Reservekugeln bereit zu halten braucht.

## I. Ventilhähne und Ventilsaugkorb.

Die wichtigsten und zugleich zartesten, empfindlichsten Bestandtheile einer Pumpe sind nebst Kolben die Ventile; da die regelmäßige Erfüllung ihrer Funktion vom leichten Spiel und dichten Schluß abhängt, während die durchgehende Flüssigkeit öfters durch angesetzte Inkrustationen, durch mitgeführte gröbere Unreinigkeiten, durch Verstopfung oder namentlich durch Sand und Schlamm, Undichtheit der Ventile und mithin Unwirksamkeit der ganzen Maschine veranlaßt, wodurch die Pumpe oft in einem Augenblicke unbrauchbar wird, wo ihr Wirken am dringendsten nöthig wäre.

Diese Uebelstände können nur durch eine möglichst vollkommene Construktion und zweckmäßige Anbringung der Ventile gehoben werden und eignen sich dazu besonders die sogenannten Ventilhähne. Diese Ventilhähne, welche auf Klappen-, Kegel-, Muschel- oder Kugelventile gleich anwendbar sind, bieten folgende Vortheile:

1) Das Ventil kann durch bloße Lösung einer einzigen Schraube oder eines Keiles aus der Maschine herausgenommen, besichtigt, zerlegt, eingeschliffen oder sonst gereinigt werden, und hernach ebenso schnell ohne Kitt, Lederscheiben, Stellschrauben oder andere Zwischenmittel wieder eingesetzt werden.
2) Jede damit versehene Pumpe gewinnt an Einfachheit, da diese Ventilhähne im Verhältniß zu den sonst üblichen Ventilen und Ventilkästen weniger Raum erfordern.
3) Reparaturen an Pumpen reduciren sich auf ein Minimum der Kosten, indem alle Arbeiten für das Bloslegen der Ventile, Zerlegen der Pumpen wegfallen.
4) Viele Reparaturen werden geradezu vermieden, weil wegen der

leichten Zugänglichkeit der Ventilhähne, diese weit öfter nachgesehen und jede Unregelmäßigkeit im Entstehen beseitigt werden kann.

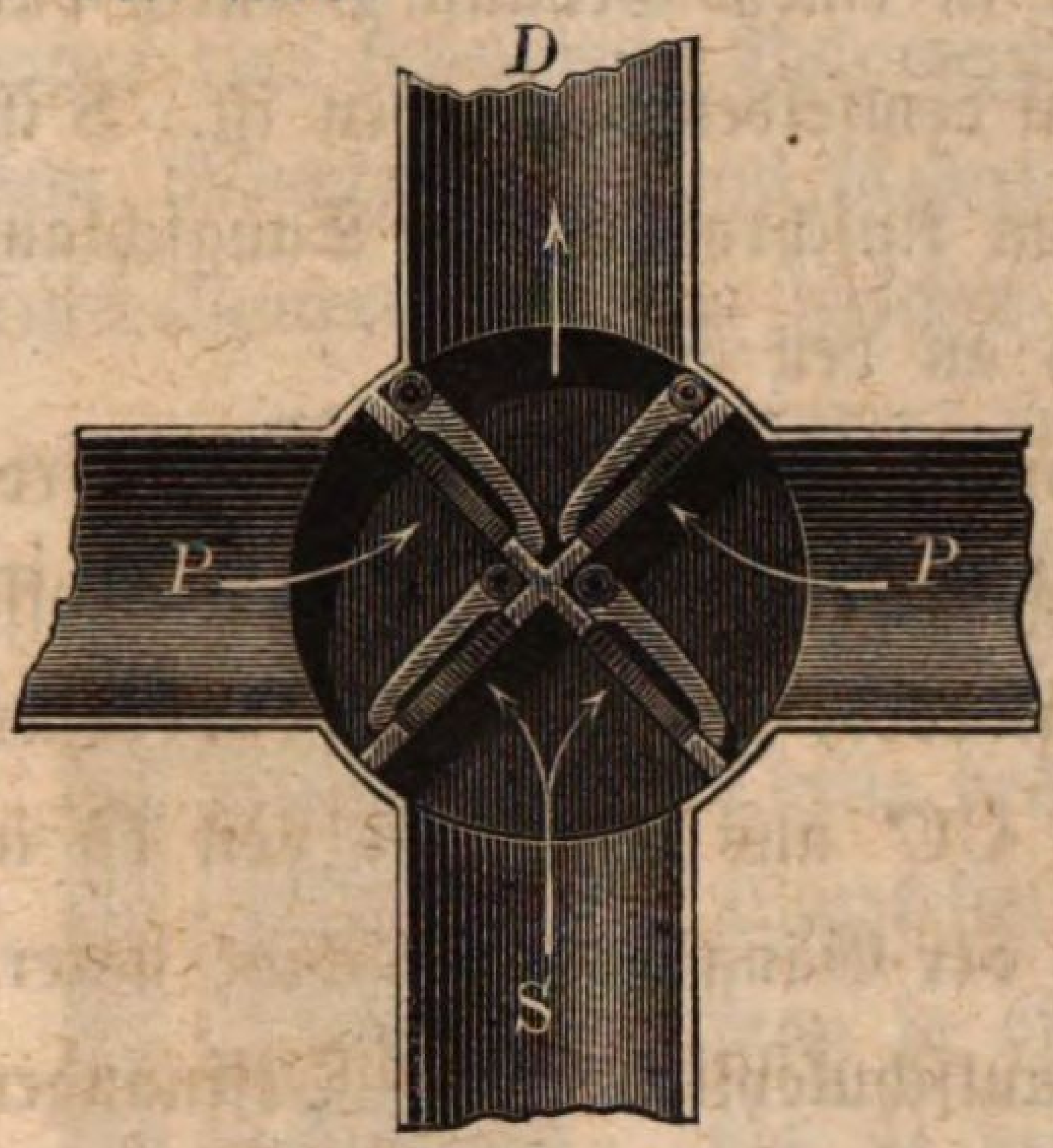



Fig. 90.

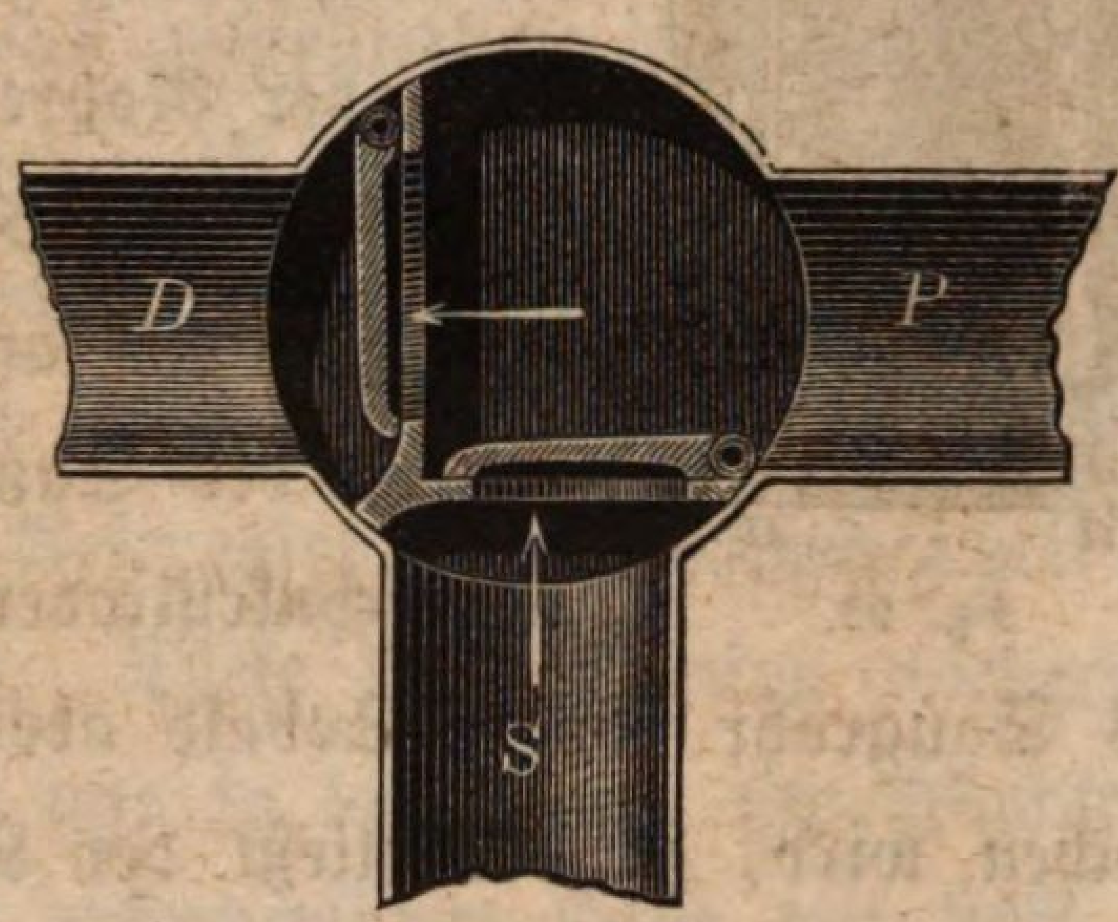



Fig. 91.

Die Ventile (Fig. 90 und 91), seien es nur zwei oder vier, sind hier alle in einem Körper aufgenommen. Der Körper hat die conische Form der Wirbel von gewöhnlichen Hähnen und ist wie diese unten ebenfalls durch eine Mutter in dem Gehäuse fest angezogen.

Nachstehend gebe ich noch Abbildung (Fig. 92) und Beschreibung eines **Saugkorbes**, der zugleich als Ventil wirkt. Bekanntlich veranlassen bei Pumpen, die das Wasser aus größerer Tiefe saugen, schon ganz geringe Mängel an den Saugröhren erhebliche Schwierigkeiten und Störungen; besonders lästig wird aber der Uebelstand, wenn der Betrieb der Pumpe auf kurze Zeit unterbrochen wird, weil dann das Wasser im Saugrohre zurückfällt, und bei dem Wiederbeginne des Pumpens erst wieder auf die ganze Höhe angesaugt werden muß. Man bringt deßhalb häufig bei der Mündung des Saugrohres ein Ventil an, das sich während des Pumpens nach Innen öffnet, dagegen beim Stillstande der Pumpe sich sofort schließt und die Wassersäule im Saugrohre nicht zurückfallen läßt; denselben Zweck erreicht man auch mit dem nachfolgend beschriebenen Saugkorb.




Fig. 92.

A A' ist ein cylindrischer kupferner Saugkorb, der an seinem oberen oder inneren Ende bei A' geschlossen ist und in einem Gehäuse B durch das Gewinde a fest mit demselben verbunden ist. S ist die Kuppelung zum Anschrauben des Saugschlauches oder Rohres an den Saugkorb.

Wenn die Pumpe in Thätigkeit gesetzt wird, so dringt das angesaugte Wasser durch die Oeffnungen des Saugkorbes, den darüber geschobenen Kautschukcylinder CC' aus und tritt von da in das Saugrohr über. Sobald aber der Gang der Maschine unterbrochen wird, so verschließt der Kautschukcylinder die Oeffnungen des Saugkorbes und das Wasser kann aus dem Saugrohre nicht zurückfallen; die Pumpe verrichtet also, sobald sie wieder angelassen wird, sofort ihre Thätigkeit.

## K. Die Windkessel.

### 1) Gewöhnliche Einrichtung und Lufterneuerung.

Um von Zeit zu Zeit die Luft in den Druckwindkesseln zu erneuern, kann man unter dem Windkessel ein Reservoir aufstellen, das durch eine massive Wand vom Windkessel getrennt ist. Dieses Reservoir wird zunächst oben und unten gleichzeitig mit der äußeren Luft in Verbindung gesetzt, hiebei tritt oben die Luft ein und füllt das Reservoir in dem Maaße, als das Wasser, das vorher darin enthalten war, unten abfließt. Dann verbindet man das Reservoir mit dem Windkessel durch zwei Rohre, von denen das eine unten aus dem Reservoir abzweigt und in den unteren, von dem Wasser eingenommenen Theil des Windkessels mündet, während das andere vom oberen Theile des Reservoir nach dem oberen Theile des Windkessels führt. Wenn auf diese Weise die Verbindung mit dem

Windkessel hergestellt ist, so wird die Luft, welche vorher unter dem Atmosphärendruck in das Reservoir eingeführt worden ist, comprimirt und erleidet unter dem Drucke der Wassersäule im Steigrohre eine bedeutende Volumenverminderung; das Wasser fließt aus dem Windkessel in das Reservoir ab und nimmt die Stelle des Luftvolumens ein, um welches das ursprüngliche Luftvolumen vermindert worden ist und die Luft entweicht dagegen wegen ihres geringen specifischen Gewichts durch das zweite Rohr aus dem oberen Theile des Reservoirs in den oberen Theil des Windkessels. Diese Manipulation wiederholt man so oft und so lange, bis der Windkessel bis zu der erforderlichen Höhe mit Luft gefüllt ist.

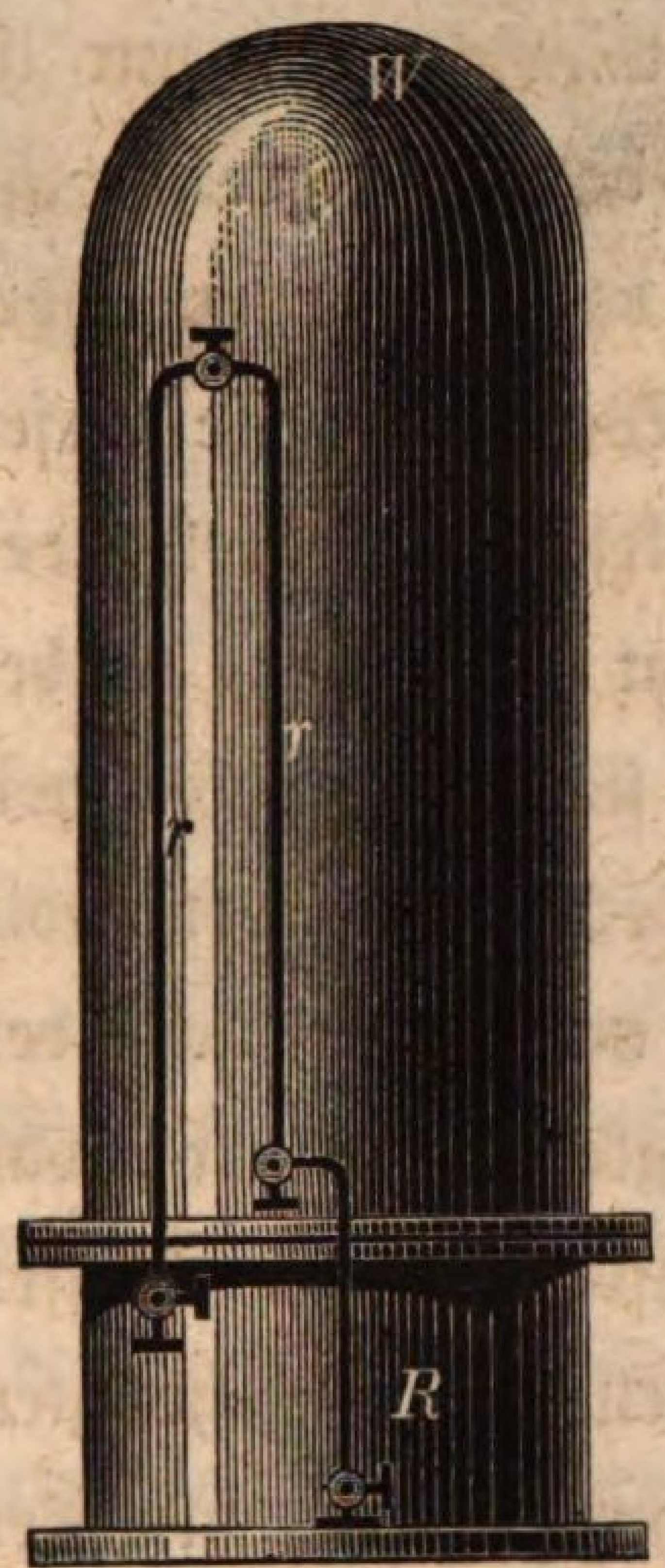


Fig. 93.

W (Fig. 93) ist der Windkessel und R das Reservoir; rr' sind die Verbindungsröhren zwischen dem Reservoir und dem Windkessel, die durch Hähne nach Belieben regulirt werden können.

## 2) Verbesserte Windkessel.

Es hat eine große Schwierigkeit, die Windkessel der Pumpen dicht zu erhalten, und doch geht die Wirksamkeit des Windkessels sofort verloren, sobald die Luft aus demselben entwichen ist.

Um diesem Uebelstande vorzubeugen, werden die umstehend verzeichneten Construktionen angewendet.

In Fig. 94 bezeichnet A den Körper des Windkessels, B das durch denselben hindurch geleitete Steigrohr. Zwischen dem Steigrohre B und der Außenwand A des Windkessels befindet sich ein unten offener Cylinder C, der oben mittels einer Flantsche am Steigrohre B befestigt ist. Dieser Cylinder theilt den ringförmigen

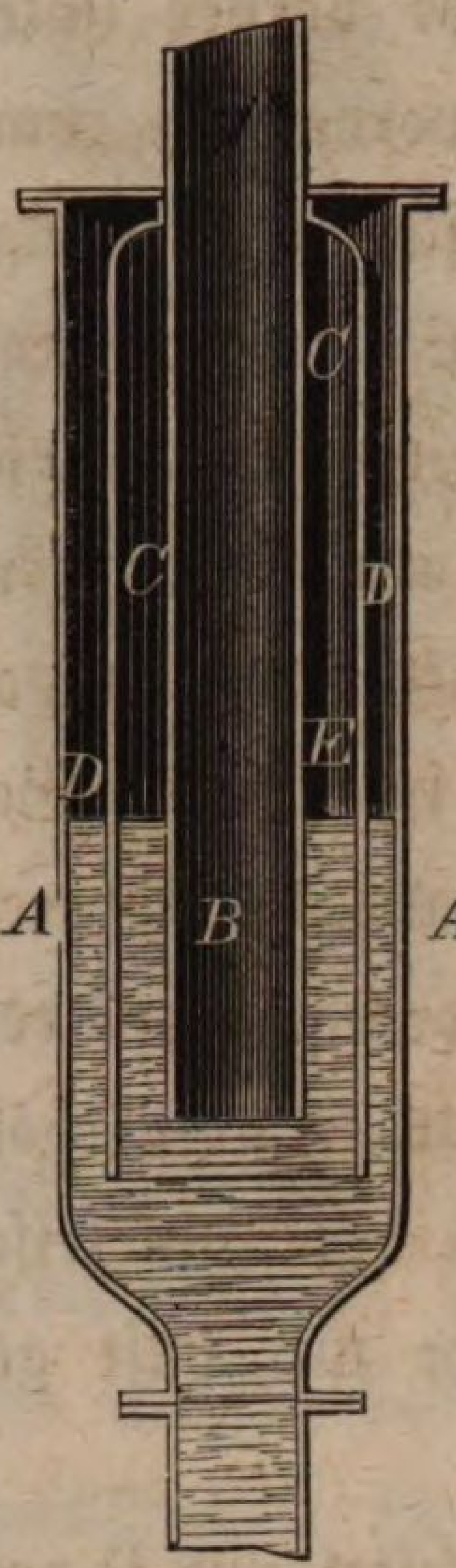


Fig. 94.

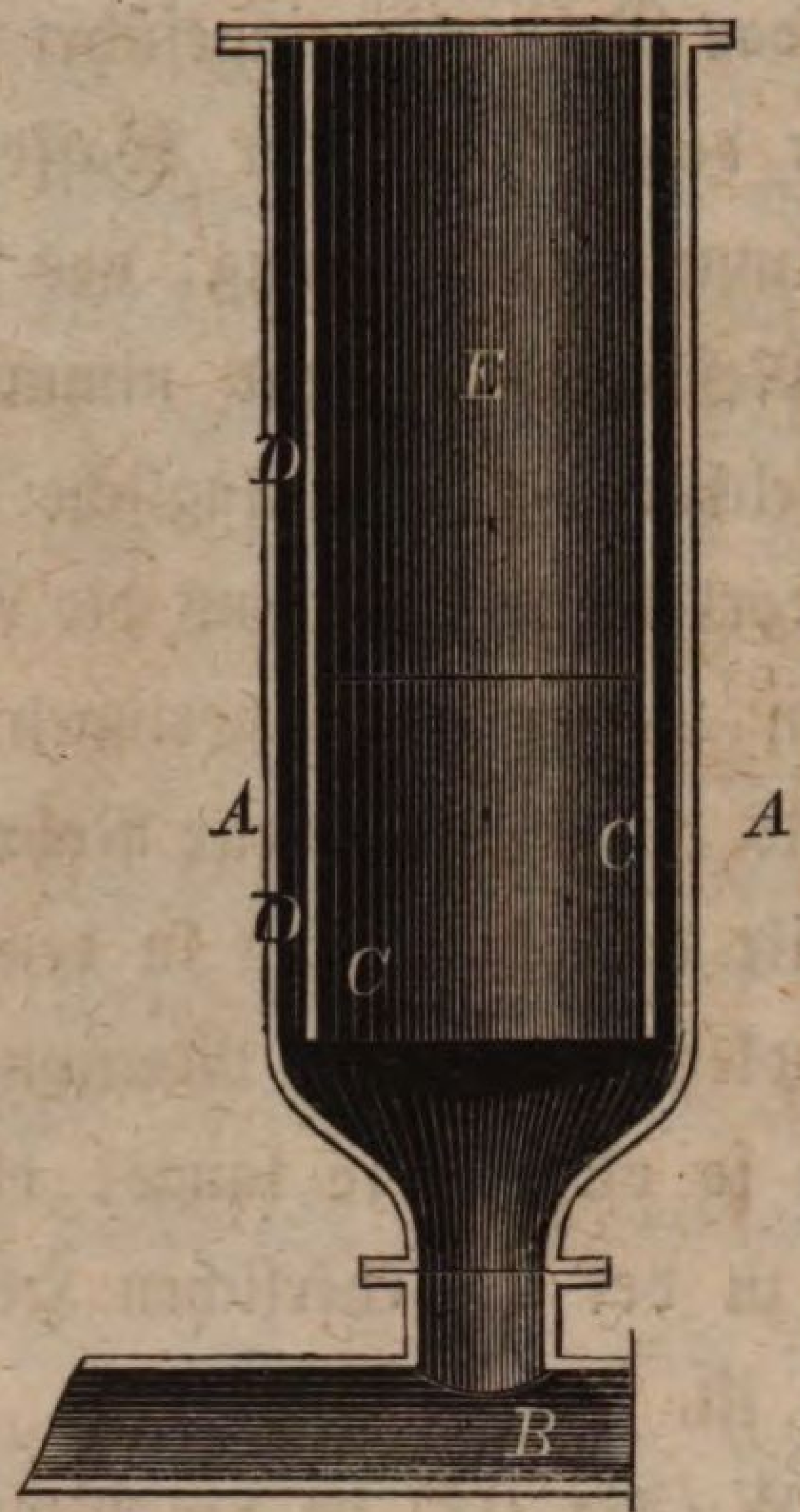


Fig. 95.

Raum zwischen dem Steigrohre B und der äußeren Wand A in zwei ringförmige Abtheilungen D und E.

Fig. 95 ist eine ähnliche Einrichtung, nur ist hier das Steigrohr zugleich das Zuführungsrohr. Die Wirkungsweise dieser Windkessel ist folgende: Nimmt man an, es befinde sich eine Undichtheit im Deckel, so strömt die Luft mit einer von der vorhandenen Spannung abhängigen Geschwindigkeit aus, und zwar so lange, bis der ringförmige Raum D vollständig mit Wasser gefüllt ist. Befindet sich an der Befestigungsstelle des eingehängten Cylinders C eine Undichtheit, so ist die Geschwindigkeit, mit der die Luft ausströmt von der Spannungsdifferenz in den beiden ringförmigen Räumen D und E abhängig. Schließt dabei der Deckel dicht, so ist diese Differenz gleich Null und es strömt also keine Luft über; ist er undicht, so wächst diese Differenz nur allmählich und es dauert mithin jedenfalls länger als bei einem gewöhnlichen Windkessel, bis alle Luft entwichen ist.

### 3) Elastische Windkessel.

Fig. 96. A ist eine Röhre aus Kautschuk, die bei B und C über zwei kurze Metallhülsen gespannt und luftdicht mit denselben verbunden ist. Die Ausdehnung durch die comprimirte Luft giebt derselben die Form, wie sie durch die punktirte Linie angedeutet ist.

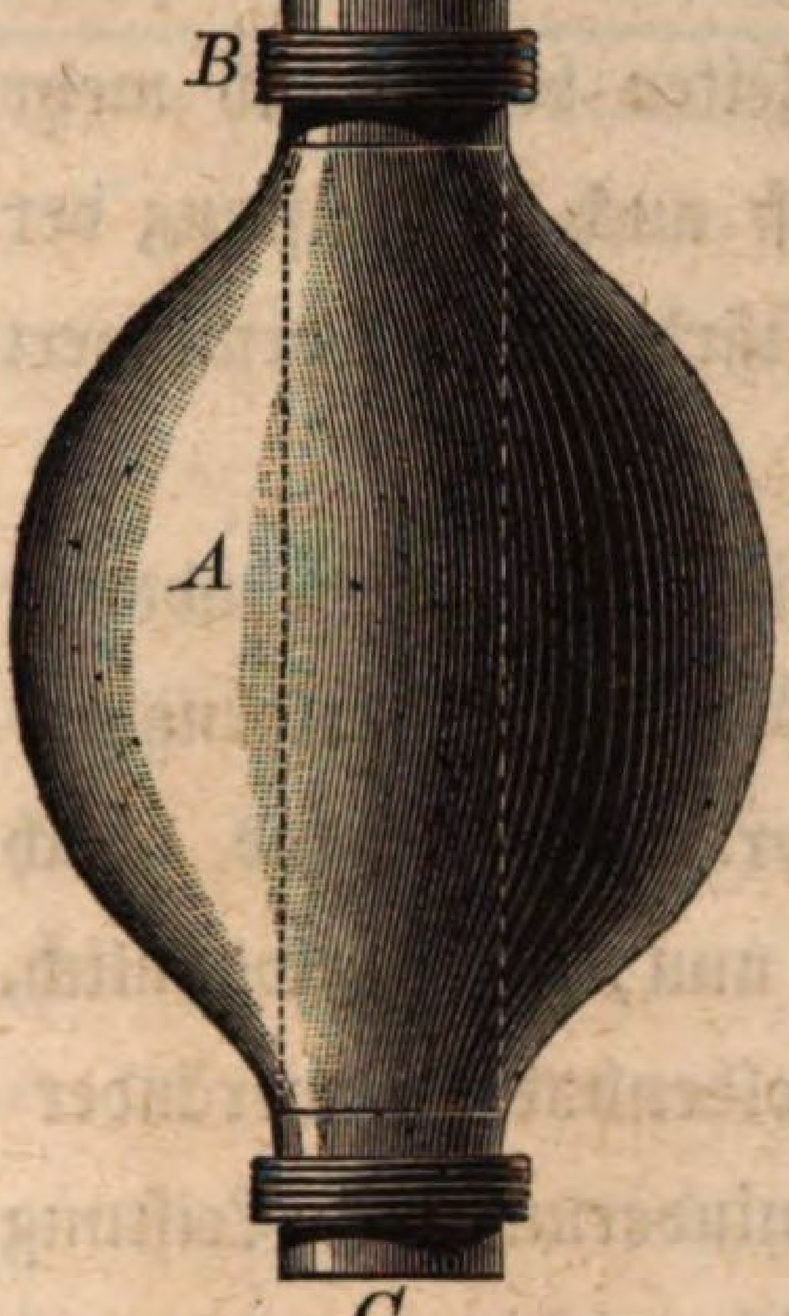



Fig. 96.

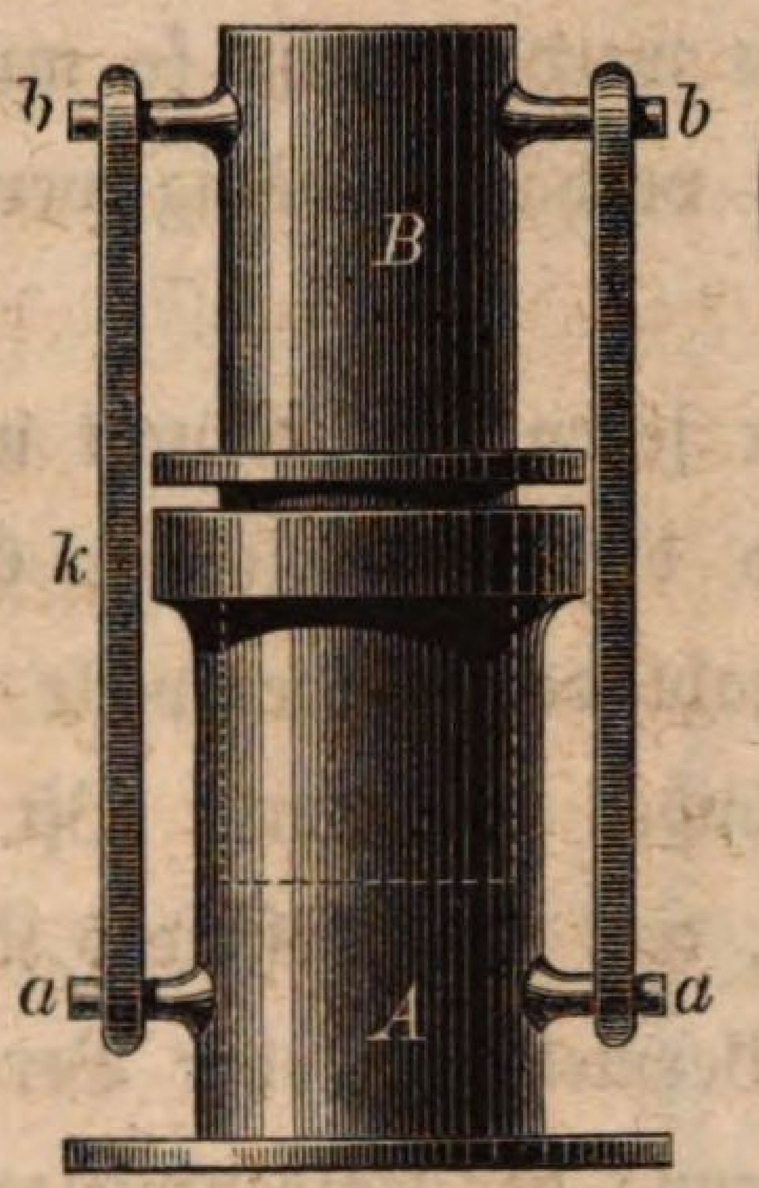



Fig. 97.




Fig. 98.

Fig. 97. A und B sind zwei Metallcylinder, von denen der innere B in den äußeren A wasserdicht eingepaßt und in demselben verschiebbar ist. Beide Cylinder haben starke Oehren a und b, über welche dicke Kautschukringe k gezogen sind, die dem Wasserdruck in den Cylindern zu widerstehen vermögen.

Fig. 98. W ist ein Ballon aus Kautschuk oder aus einem anderen elastischen Material, S ein Metallschirm, welcher die Ausdehnung des Windkessels begrenzt.

Der letztere Windkessel eignet sich nur bei Anwendung von geringen Wasserdruckhöhen, während Fig. 96 und besonders Fig. 97 sich schon für größere Druckhöhen anwenden lassen.

## L. Transmission.

Wo es bei der Anlage eines Pumpenwerkes lediglich darauf ankommt, eine bestimmte Wassermenge in einer gewissen Zeit zu fördern, da können die Abmessungen der ganzen Maschine gleich

Anfangs so bestimmt werden, daß der verlangte Effekt erreicht wird. Ist jedoch die Wassermenge, die durch die Pumpen zu heben ist, sehr veränderlich, so daß zu gewissen Zeiten beträchtlich mehr als zu anderen gehoben werden muß, so muß auch die Leistung der Wasserhebungsmaschine verhältnißmäßig verstärkt oder vermindert werden können.

Die Leistung einer jeden Wasserkunst wird, bei unveränderter Zahl der Pumpen und beständig gleicher Größe der Kolbenquerschnitte, durch die Anzahl der Kolbenspiele pr. Minute und durch die Größe des Kolbenhubes bestimmt. Ist nun, wie gewöhnlich, die Einrichtung derart, daß die Größe des Kolbenhubes unveränderlich ist, so kann eine Vermehrung oder Verminderung der Leistung nur durch eine Veränderung der Kolbenspielzahl, mithin nur dadurch erzielt werden, daß der Gang der Maschine entweder verzögert oder beschleunigt wird.

Da es aber bei allen Kraftmaschinen, und besonders bei Wasserrädern, eine gewisse Geschwindigkeitsgrenze giebt, bei welcher möglichst vortheilhafte Kraftentwickelung stattfindet, so bringt eine merkliche Beschleunigung oder Verzögerung des Ganges der Maschine immer den Nachtheil, daß der Nutzeffekt verhältnißmäßig geringer ausfällt.

Um nun die Leistung vermehren oder vermindern zu können, ohne daß die Kolbenspielzahl verändert wird, hat man verschiedene Vorrichtungen angebracht, mittels deren der Kolbenhub der Pumpen verkürzt oder verlängert werden kann.

Statt der gewöhnlichen Kurbeln wendet man z. B. Kurbelscheiben an, die in verschiedenen Entfernungen von ihrem Mittelpunkte mehrere Aufhängepunkte für die Kolbenstange haben; je näher dem Mittelpunkte die Kolbenstange mit der Kurbelscheibe verbunden ist, desto kleiner wird natürlich der Hub, und umgekehrt.

Erhält der Pumpenkolben seine Bewegung von einem Balancier, so kann man für den genannten Zweck folgende Einrichtung treffen.

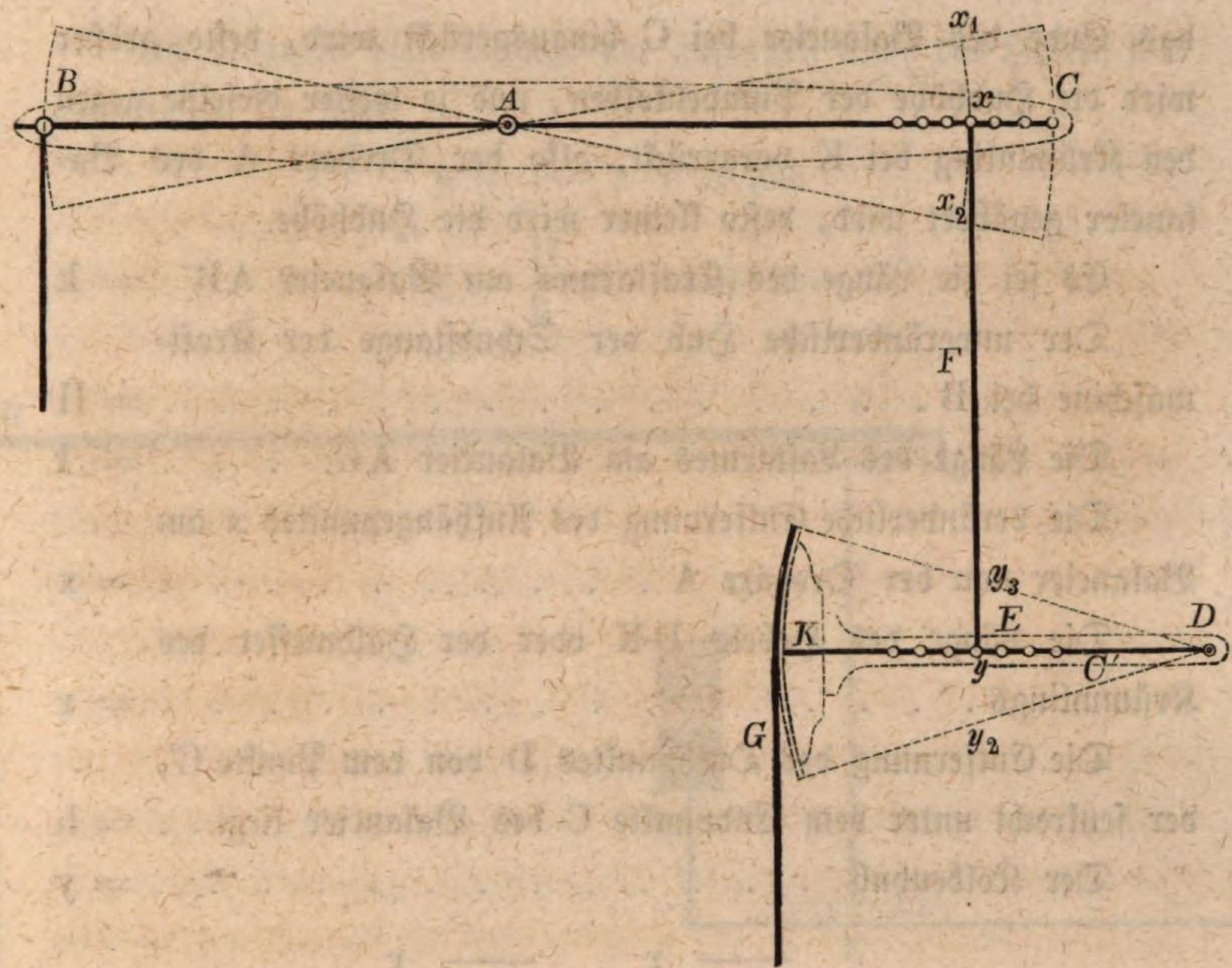



Fig. 99.

BC (Fig. 99) ist der um die Axe A bewegliche Balancier; bei B ist die Schubstange der Kraftmaschine und bei C die Schubstange F eingehängt. DE ist ein Hebel, dessen Drehaxe sich bei D befindet und der vorne mit einem Krümmlinge K versehen ist, dessen Mittelpunkt ebenfalls bei D liegt. An diesem Krümmlinge hängt die eiserne Gelenkkette G und daran das Pumpengestänge für eine Saug- und Hebepumpe. Die Bewegung des Balancier wird durch die Stange F auf den Hebel DE übertragen, so daß, wenn der Balancier bei B niedergezogen wird, der Krümmling mit dem Pumpengestänge in die Höhe geht.

Um nun den Hub des Krümmlings und des Pumpenkolbens stufenweise verlängern oder verkürzen zu können, ist sowohl an dem Balancier als an dem Hebel C die Einrichtung getroffen, daß die Schubstange F bei C und E in vielen dicht neben einander befindlichen Löchern verschoben werden kann. Je näher die Stange gegen

das Ende des Balancier bei C hinausgerückt wird, desto größer wird die Hubhöhe der Pumpenkolben, und je weiter dieselbe gegen den Krümmling bei K vorgerückt, also der Drehaxe A des Balancier genähert wird, desto kleiner wird die Hubhöhe.

Es sei die Länge des Kraftarmes am Balancier AB = k

Der unveränderliche Hub der Schubstange der Kraftmaschine bei B . . . . . . . . . . . . . . . . . = H

Die Länge des Lastarmes am Balancier AC. . . . = l

Die veränderliche Entfernung des Aufhängepunktes x am Balancier von der Drehaxe A . . . . . . . . . . . = x

Die Länge des Hebels DK oder der Halbmesser des Krümmlings . . . . . . . . . . . . . . . . . . . = r

Die Entfernung des Drehpunktes D von dem Punkte C′, der senkrecht unter dem Endpunkte C des Balancier liegt . . = h

Der Kolbenhub . . . . . . . . . . . . . . . = y

$$y = \overline{y_1\, y_2} \cdot \frac{r}{\overline{DE}} = \overline{x_1\, x_2} \cdot \frac{r}{\overline{DE}}$$

$\overline{x_1\, x_2}$ ist aber gleich $H \frac{x}{k}$

$$DE = \overline{DC'} + \overline{C'E} = \overline{DC'} + Cx$$

$$= h + \overline{AC} - \overline{Ax} = h + l - x$$

folglich:

1) $$y = H \cdot \frac{x}{k} \cdot \frac{r}{h + l - x}, \text{ woraus}$$

$$x = y \cdot k \frac{h + l}{H \cdot r + k \cdot y}$$

Ist die Schubstange F am äußersten Ende des Balancier bei C aufgehängt, so ist

$$AC = x = l \text{ und}$$

2) $$y = H \cdot \frac{l}{k} \cdot \frac{r}{h}$$

Ist hingegen diese Stange am äußersten Ende des Hebels DE aufgehängt, so wird

$$x = l - r + h \text{ und}$$

3) $$y = \frac{H}{k} \cdot (l - r + h)$$

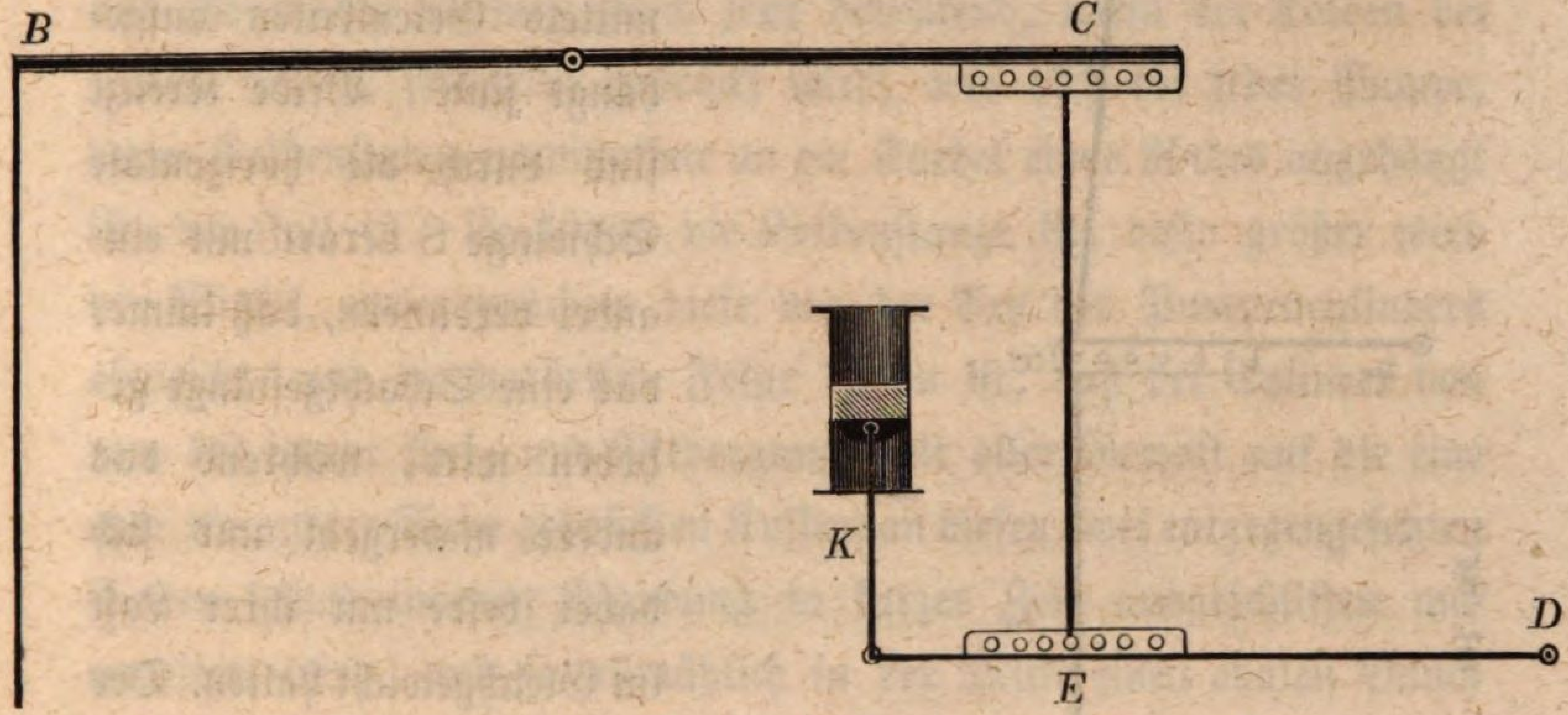



Fig. 100.

In vorstehender Fig. 100 bezeichnet BC wieder einen um A beweglichen Balancier. Bei B ist die Schubstange der Kraftmaschine aufgehängt. DE ein um D drehbarer Hebel, an dessen Ende die Kolbenstange k einer Saug- und Druckpumpe befestigt ist. Die Zugstange CE kann hier ebenfalls bei C und E verrückt und dadurch der Kolbenhub der Pumpe verkürzt oder verlängert werden. Ein besonderer Vortheil, welchen diese Einrichtungen für verstellbaren Kolbenhub auch da haben, wo die zu hebende Wassermenge immer gleich groß ist, besteht darin, daß man das statische Moment der Last nach Willkür verändern und deßhalb das vortheilhafteste Verhältniß desselben zum Kraftmomente durch Versuche auffinden und genauer bestimmen kann als dieß durch die schärfste Berechnung möglich ist.

## Wasserkunst mit doppeltem Schachtgestänge.

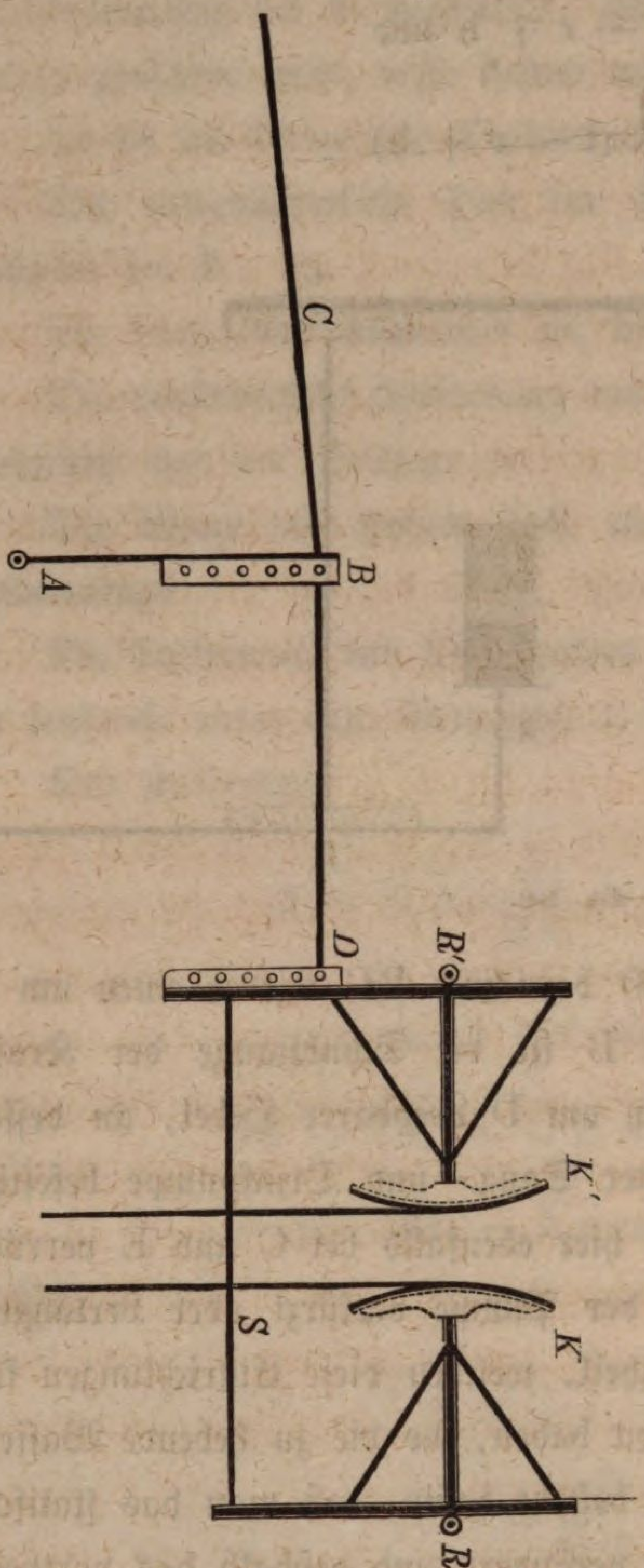



Fig. 101.

R und R′ (Fig. 101) sind zwei halbe Kunstkreuze mit den Krümmlingen K und K′, woran die Schachtgestänge mittels Gelenkketten aufgehängt sind. Beide Kreuze sind durch die horizontale Schwinge S derart mit einander verbunden, daß immer das eine Schachtgestänge gehoben wird, während das andere niedergeht und sich daher beide mit ihrer Last im Gleichgewicht halten. Der Drehpunkt der beiden Kreuze ist bei R und R′. Zwischen den Kunstkreuzen und der Kraftmaschine befindet sich der vertikale um eine horizontale Axe A bewegliche Hebel AB, welcher seine hin- und hergehende Bewegung von der Kurbelstange BC der Kraftmaschine erhält und diese durch die Verbindungsstange BD den Kunstkreuzen mittheilt. Damit der Kolbenhub der Pumpen beliebig verlängert oder verkürzt werden kann, sind bei B und D eiserne Kämme mit vielen neben einander gebohrten Löchern angebracht, in welchen die Verbindungsstange BD auf und ab verrückt werden kann.

### Geradführung der Pumpenkolben.

Wird ein scharf gelideter Kolben in einem genau ausgebohrten Cylinder ganz senkrecht auf und nieder bewegt, so ist die dadurch entstehende Reibung nicht bedeutend, so wie auch die Abnützung des Kolbens und Cylinders in diesem Falle gering ist. Reibung und Abnützung werden jedoch sehr bedeutend, wenn der Kolben bei seinem Spiele seitwärts gedrückt wird, wie dieß bei jeder Pumpe, deren Kolbenstange unmittelbar an die Kurbel eines Rades angehängt ist, der Fall ist. Je kürzer die Kolbenstange ist, desto größer wird der Winkel, unter welchem diese von der Axe des Pumpencylinders abweicht, und die natürliche Folge davon ist, daß der Cylinder von dem bei jedem Auf- und Niedergange mit aller Gewalt auf die eine oder die andere Seite gedrückten Kolben an diesen zwei entgegengesetzten Seiten seiner inneren Wandung in kurzer Zeit ausgeschliffen und erweitert wird, und so allmählich in der Mitte einen ovalen Bauch erhält, der sich gegen oben und unten wieder verliert. Durch dieses einseitige Ausschleifen der Pumpencylinder wird das Dichtlidern der Kolben sehr erschwert und die Leistung der Pumpen bedeutend vermindert. Man giebt aus diesem Grunde den Schubstangen, welche die Bewegung der Kurbeln auf die Kolben übertragen, eine möglichst große Länge. Auch in dem Falle, daß die Kolbenstange statt an eine Kurbel an einen Balancier angehängt ist, findet eine Ablenkung derselben aus der Richtung der Cylinderaxe statt und ist nachfolgend eine sehr sinnreiche Vorrichtung beschrieben, die eine vollständige Geradführung der Kolbenstange bezweckt.

AB (Fig. 102) ist ein gleicharmiger um die Axe C beweglicher Hebel, der durch die Kurbelstange BB′ von der Kraftmaschine seine schwingende Bewegung erhält. Einige Fuß unter diesem Hebel ist auf der anderen Seite ein zweiter, aber einarmiger Hebel angebracht, dessen Länge $\overline{DE}$ genau so groß ist, wie der Hebelarm AC. Die beiden Hebel AB und DE sind mittels zweier Schienen

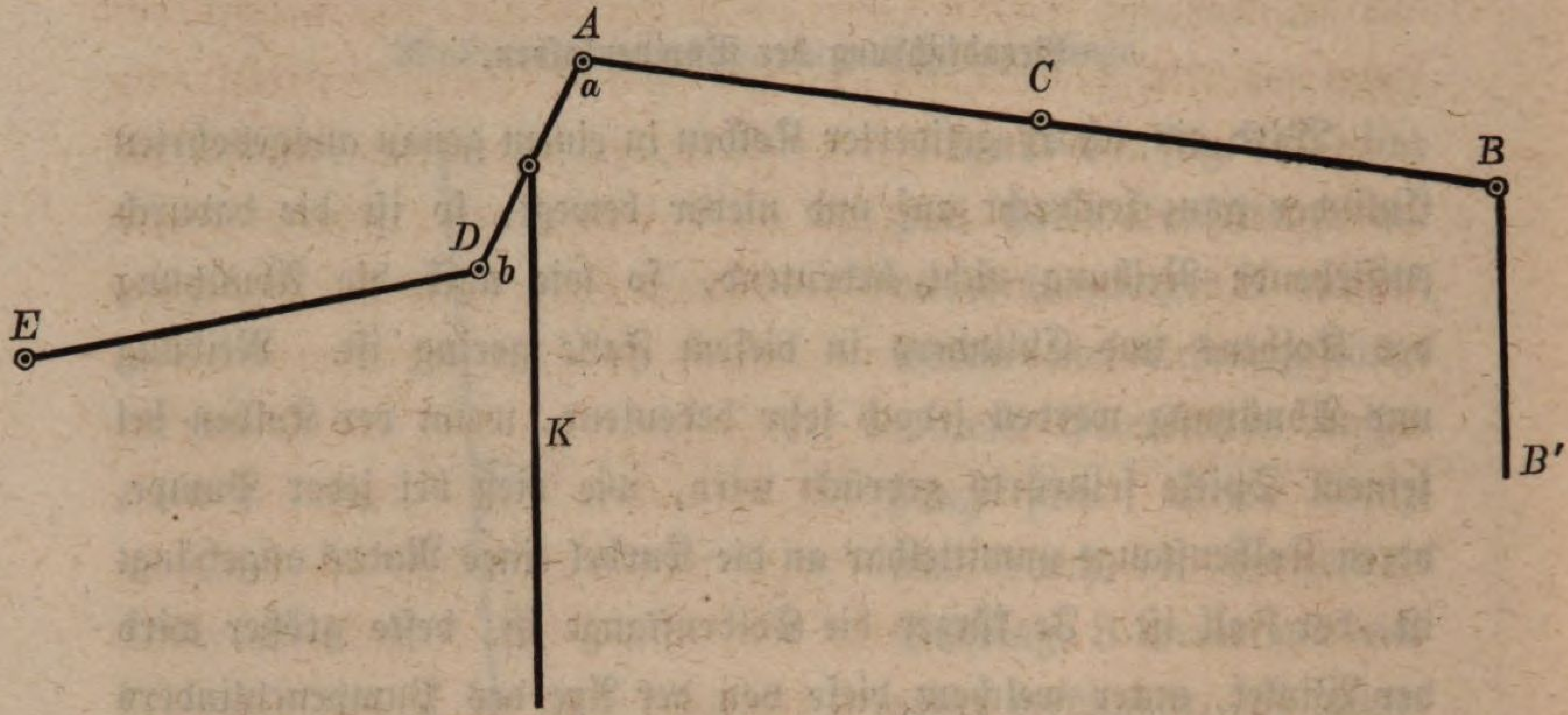



Fig. 102.

ab und a′b′, sowohl oben bei a und a′ als auch unten bei b und b′ durch Gelenke mit einander verbunden; zwischen den beiden Schienen ab und a′b′ ist genau in ihrer Mitte m mittels Gelenkverbindung die Kolbenstange K aufgehängt.

Der Mittelpunkt m beschreibt bei dem Auf- und Niedergange eine senkrechte Linie und folglich auch die dort aufgehängte Kolbenstange, wie sich leicht durch Verzeichnung oder Berechnung verschiedener Stellungen zeigen läßt.

Im Allgemeinen beobachte man folgende Regeln, um dem Kolben eine möglichst sanfte und von der Axenrichtung des Cylinders nur wenig abweichende Bewegung zu verschaffen.

1) Man mache die Kolbenstangen oder die durch Gelenke mit denselben verbundenen Schubstangen möglichst lang, oder, was dasselbe ist, man bringe die Kurbeln und Hebel, welche die Bewegung auf die Pumpen übertragen, möglichst hoch über den Cylindern an, indem mit der Zunahme dieser Höhe die Abweichungen der Kolbenstange von der Richtung der Cylinderaxe abnehmen.

2) Wird dem Kolben seine hin- und hergehende Bewegung durch einen sich schwingenden Hebel, wie z. B. durch einen Balancier ertheilt, so mache man den Hebelarm wenigstens 2 bis 3

mal so groß als den Kolbenhub, weil der Kreisbogen, welchen der Hebel während des Schwingens um seine Drehaxe beschreibt, um so mehr sich der Richtung der Tangente nähert, je größer der Halbmesser dieses Kreisbogens ist. Ferner theile man die unvermeidliche Abweichung aus der Axenrichtung durch die Bewegung des Aufhängepunktes der Kolbenstange in einem Kreisbogen derart in zwei Hälften, daß sich die Kolbenstange während der Bewegung des Hebels auf die eine wie auf die andere Seite gleich viel neigt. Um dieses zu bewirken, muß man die Kolbenstange bei der wagrechten Lage des Hebels nicht, wie es gewöhnlich geschieht, unter einem rechten Winkel mit dem letzteren, sondern so mit dem Aufhängepunkte am Hebel verbinden, daß die Richtung der Kolben- oder Schubstange mit der wagrechten Lage des Hebels einen spitzen Winkel bildet.

Es sei z. B. AB (Fig. 103) der Hebelarm in seiner wagrechten Lage, wobei A der Drehpunkt des Hebels und B der Aufhängepunkt der Kolbenstange ist. CBD der Bogen, den dieser Hebelarm bei jedem Kolbenhube durch seinen Punkt B beschreibt, und die Linie EB giebt das Maaß der Abweichung von der an den Punkt B gelegten Tangente. Theilt man die Linie BE in zwei gleiche Theile EF und FB und errichtet im Punkte F auf der Linie AB eine Senkrechte GH. In diese Senkrechte bringe man die Axe des Pumpencylinders

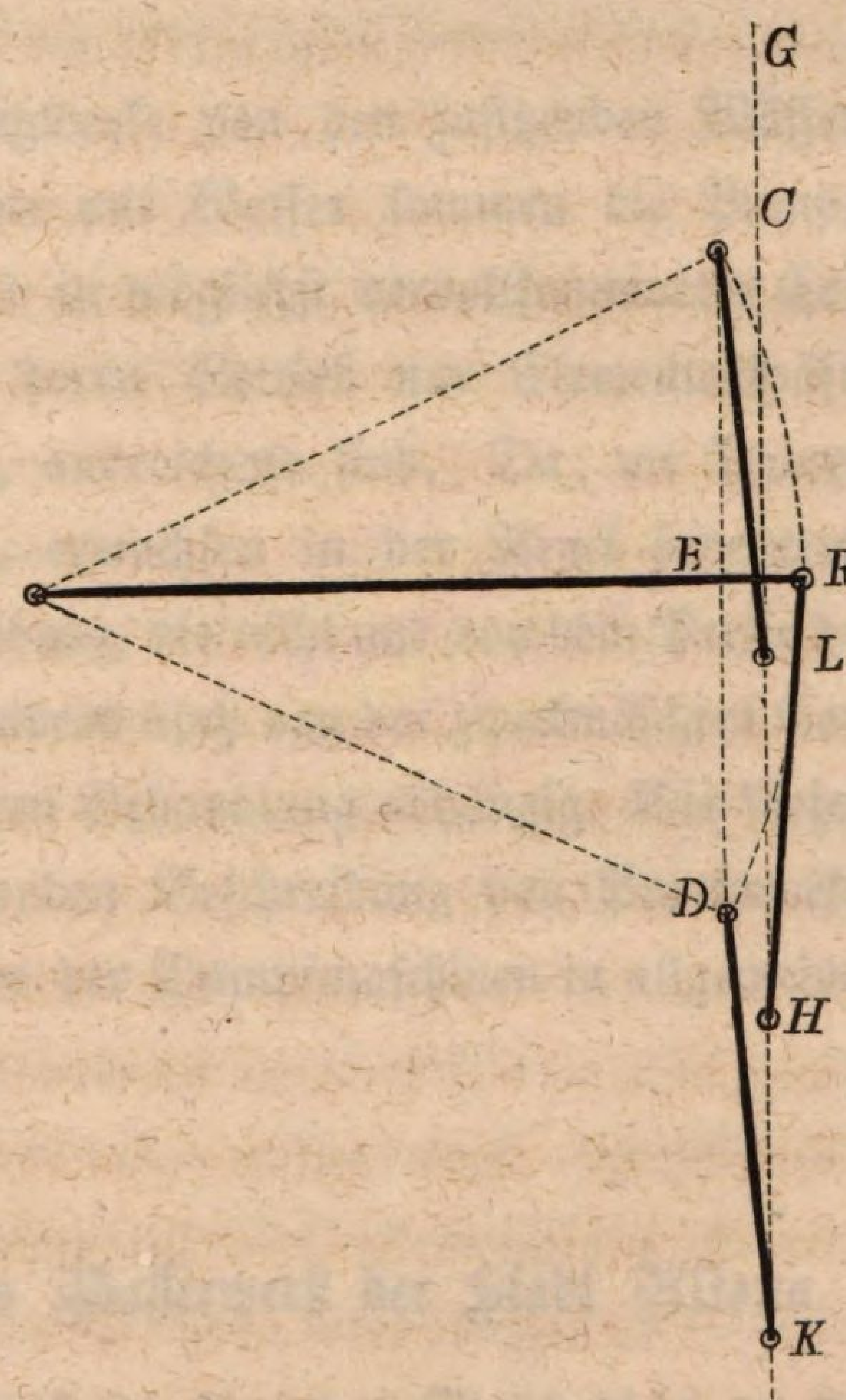



Fig. 103.

und man erhält den Vortheil, daß die Kolbenstange sowohl bei dem tiefsten Kolbenstande DK, wie bei dem mittleren BH und dem höchsten LC immer nur um das Stück EF = $\frac{1}{2}$BE von der senkrechten Axenrichtung GK abweicht und daher der Seitendruck des Kolbens gegen die Cylinderwand ebenfalls vermindert wird.

# Dritter Abschnitt.

# Beschreibung von ausgeführten Pumpwerken

## mit besonderer Rücksicht auf die Anwendung derselben in den Bergwerken und zur Wasserversorgung der Städte.

---

Zur Freihaltung der Bergwerke von den zusitzenden Wässern und zur Versorgung der Städte mit Wasser kommen die Pumpen im großartigsten Maaßstabe und in möglichst vervollkommneter Construktion in Verwendung, zu deren Betrieb nur Elementarkräfte' wie Dampf- oder Wasserkraft, ausreichend sind. Da, wo Dampfkraft angewendet werden muß, erwachsen in der Regel bedeutende Betriebskosten für die Wasserhebung, die nicht nur von dem Preise des Brennmaterials, sondern besonders auch von der zweckmäßigen Construktion der Maschinen und deren Behandlung abhängig. Aus diesem Grunde habe ich bei der folgenden Beschreibung von Pumpwerken überall zugleich auch eine solche der Dampfmaschinen in allgemeinen Umrissen damit verflochten.

### 1) Pumpenanlage für das Wasserwerk der Stadt Altona.

Die Pumpwerke liegen entfernt von der Stadt dicht an der Elbe am Fuße eines ungefähr 300 Fuß (90 Meter) hohen Hügels;

auf dem Gipfel des Hügels sind die Filterbetten und Reservoirs aufgestellt.

Zum Betriebe dienen zwei Dampfmaschinen von je 60 Pferdestärken, die ihren Dampf von 4 Cornwallkesseln erhalten. Es sind Woolf'sche Maschinen mit Kurbel und Schwungrad auf der Pumpenseite des Balancier, und Hoch- und Niederdruckcylinder, Luft- und Speisepumpe auf der entgegengesetzten Seite. Der Niederdruckcylinder hat 35 Zoll (91 Centimeter) Durchmesser und 7 Fuß (2,2 Meter) Kolbenhub und arbeitet an einer Banlancier-Armlänge von 12½ Fuß (3,9 Meter); der Hochdruckcylinder hat 20 Zoll (52 Centimeter) Durchmesser und ist bei ¾ der Balancier-Armlänge aufgestellt, arbeitet also mit 5¼ Fuß (1,65 Meter) Kolbenhub.

Der Dampf wird mit 28 Pfund oder 2 Atmosphären Kesselspannung in den kleinen Cylinder eingeführt und bei ⅞, ¾ oder ⅝ des Kolbenhubes abgesperrt, um im großen seine Expansion zu vollenden. Das Schwungrad hat 20 Fuß 8 Zoll (6,4 Meter) Durchmesser und wiegt 320 Zentner, wovon 215 Zentner auf den Kranz kommen, der 16 Zoll (41,6 Centimeter) breit und 18 Zoll (47 Centimeter) dick ist. Die Schwungradwelle hat 11 Zoll (29 Centimeter) Durchmesser und macht 15 Umdrehungen in der Minute, was einer Umfangsgeschwindigkeit des Kranzes von 17¼ Fuß (5,35 Meter) pr. Sekunde entspricht.

Die beiden Dampfmaschinen sind unabhängig von einander; jede hat ihr eigenes Schwungrad und betreibt ein Pumpwerk für sich. Die Pumpen liegen in der halben Armlänge des Balancier und haben also 3½ Fuß (1,1 Meter) Hub. Ihr Fassungsraum beträgt 8⅜ Cubikfuß (0,25 Cubikmeter). Der Windkessel hat 5 Fuß (1,55 Meter) Durchmesser und der Luftzufluß wird durch zwei kleine an den Pumpen befestigte Luftventile unterhalten, welche bei jedem Pumpenspiele eine kleine Menge Luft einführen. Diese Anordnung hat überdieß den Vortheil, daß der Stoß des bewegten Wassers bei jedem Wechsel der Ventillage gemildert wird.

Das Saugrohr hat 21 Zoll (54,6 Centimeter) Durchmesser, ist 735 Fuß (228 Meter) lang und mündet in einen Saugkorb, der in einen viereckigen Kasten von 8 Fuß (2,45 Meter) im Quadrat eingeschlossen ist. Der Kasten liegt auf einer Pfahlgründung, so daß er weder die Schifffahrt stören, noch von derselben gestört werden kann. Eine Maschine fördert pr. Minute 112 Cubikfuß (3,36 Cubikmeter) Wasser auf eine Höhe von 275 Fuß (85 Meter), was einer Leistung von 58,52 Pferdestärken entspricht. Die Maschinen verbrauchen 4,84 Pfd. Steinkohlen pr. Pferdekraft, wenn das Brennmaterial zum Anfeuern unberücksichtigt bleibt; im Jahresdurchschnitt aber erhebt sich der Kohlenverbrauch auf 6,08 Pfund.

## 2) Pumpenanlage des Wasserwerks der Stadt Ludwigsburg.

Der Brunnenschacht hat 20 Fuß (2,6 Meter) lichten Durchmesser und vom natürlichen Terrain aus gemessen 38 Fuß (10,64 Meter) Tiefe; das Wasser steigt in demselben auf circa 16 Fuß (4,5 Meter) Höhe, sein Spiegel liegt mithin im günstigsten Falle noch 22 Fuß (6,16 Meter) unter der Erdoberfläche, kann aber bei der Entleerung noch um 16 Fuß (4,5 Meter) weiter herab sinken.

Die Pumpen mußten unter diesen Umständen unbedingt in einer Tiefe von mindestens 19 bis 20 Fuß (5,3 bis 5,6 Meter) unter der Terrainfläche aufgestellt werden. Die Dampfmaschine ist in derselben Tiefe wie die Pumpen aufgestellt. Zu diesem Zwecke wurde dicht neben dem Brunnenschachte noch ein zweiter viereckiger Schacht von 22 Fuß (6,16 Meter) Länge, 19 Fuß (5,32 Meter) Breite und 19,5 Fuß (5,46 Meter) Tiefe abgeteuft, möglichst solid ausgemauert und zur Aufstellung der Dampfmaschine und des Pumpwerkes verwendet. Ueber diesem Schachte erhebt sich noch ein in einfachem Style ausgeführter Backsteinbau, durch dessen sechs hohe Fenster eine fast tageshelle Beleuchtung des unteren Maschinen-

raumes herbeigeführt wird. Zwei niedrige Seitenanbaue enthalten die Dampfkessel nebst einer kleinen Werkstatt und Wärterwohnung.

Die achtpferdige liegende Dampfmaschine macht pr. Minute 75 Umdrehungen und treibt mittels Räderübersetzung zwei auf derselben Fundamentplatte angebrachte, doppeltwirkende, mit leicht zugänglicher Ventilanordnung versehene Pumpen von 6 Zoll Kolbendurchmesser und 18 Zoll Kolbenhub, welche das angesaugte Wasser durch einen gußeisernen Windkessel von entsprechender Größe in die nach dem Reservoir führende 6zöllige (16,8 Centimeter) Druckrohrleitung treiben. Bei normaler Geschwindigkeit, d. h. bei 18 bis 20 Doppelhüben pr. Minute und 10 % Wasserverlust beträgt die wirkliche Leistung der beiden Pumpen zusammen 30 bis 32 Cubikfuß (0,70 bis 0,75 Cubikmeter) pr. Minute.

### 3) Pumpenanlage des Wasserwerks der Stadt Rostock.

Die Dampfmaschinen bestehen aus zwei völlig getrennten, direkt wirkenden Cornischen Maschinen, bei denen Dampf- und Pumpenkolben direkt verbunden sind; letztere, Pumpenkolben, haben 15¾ Zoll (41 Centimeter), die Dampfkolben 30 Zoll (78 Centimeter) Durchmesser. Für beide Maschinen sind ebenfalls zwei Dampfkessel, Condensatoren und Windkessel von einander getrennt vorhanden, so daß beliebig mit einer oder mit beiden Maschinen gearbeitet werden kann. Bei acht Hub pr. Minute sollen sie zusammen 180,000 Cubikfuß (5400 Cubikmeter) in 24 Stunden 122 Fuß (37 Meter) hoch liefern können.

### 4) Pumpwerk von Marly.

Das im Jahre 1816 an einem Arme der Seine zu Marly erbaute und durch eine Dampfmaschine von 64 Pferdekraft betriebene einfache Druckwerk hebt binnen 24 Stunden 1500 Cubikmeter Wasser

auf eine Höhe von 162 Meter, wobei die Röhrenleitung eine Länge von 1300 Meter hat. Der erzielte Nutzeffekt ist hier:

$$\frac{1500 \cdot 1000 \cdot 162}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 2820 \text{ Kilogramm-Meter,}$$

die darauf verwendete Betriebskraft:

$$64 \cdot 75 = 4800 \text{ Kilogramm-Meter,}$$

daher der Nutzeffekt bei diesem Pumpenwerke 58 Prozent der Betriebskraft beträgt.

## 5) Das Wasserwerk der Stadt Würzburg

hat eine Dampfmaschine, die mit Condensation und Expansion arbeitet. Die beiden Dampfkessel haben eine Länge von 22 Fuß (6,0 Meter), bei 5 Fuß (1,45 Meter) Durchmesser und eine Heizfläche von 339 □Fuß (20 □Meter). Diese Maschine fördert 126 Cubikfuß (3,12 Cubikmeter) Wasser pr. Minute 98 Fuß (29 Meter) hoch, wobei die Pumpen pr. Minute 12 Kolbenspiele machen. Der Nutzeffekt berechnet sich demnach zu:

$$\frac{126 \cdot 98 \cdot 44}{60 \cdot 460} = 20 \text{ Pferdestärken.}$$

Der Kohlenverbrauch ist 5 Pfund pr. Stunde und pr. Pferdekraft Nutzeffekt.

## 6) Das Wasserwerk der Stadt Stuttgart,

welches das Wasser aus dem Neckar durch eine 7000 Fuß (1960 Meter) lange Steigrohrleitung von 12″ (30 Centimeter) Lichtweite in ein 211 Fuß (60 Meter) höher gelegenes Reservoir fördert, hat drei Pumpen von je 3,13 Fuß (0,9 Meter) Kolbenhub und 0,78 Fuß (22 Centimeter) Lichtweite; die Pumpen sind doppeltwirkend.

Für gewöhnlich wird das Pumpwerk durch eine Wasserkraft

von 60 Pferdestärken getrieben und für den Fall, daß die Wasserkraft nicht ausreicht oder nicht benützt werden kann, ist eine Dampfmaschine von 40 Pferdekräften in Reserve.

## 7) Die neue Wasserleitung für München

von Thalkirchen hat 4 doppeltwirkende Pumpen, die durch zwei Poncelaträder von je 18 Fuß (5,3 Meter) Durchmesser und 12,87 Fuß (3,7 Meter) Breite getrieben werden, wobei die Wasserräder mit einem Gefälle von 4,4 Fuß (1,3 Meter) arbeiten. Außerdem sind noch zwei Dampfmaschinen als Reserve vorhanden.

Das Druckrohr des Pumpwerks hat 1,9 Fuß (0,55 Meter) Lichtweite.

## 8) Die Wasserkunst der Stadt Hannover.

Die Wasserhebmaschine ist ein vereinigtes Saug- und Druckwerk aus zwei unmittelbar neben einander stehenden Pumpen gebildet. Die Kraft der Wasserradwelle wird direkt durch Kurbeln, Lenkstangen und einarmige Balanciers auf die Kolbenstangen der Pumpen übertragen. In dem massiven Stiefel von 15 Zoll (36 Centimeter) Lichtweite, 4 Fuß 6 Zoll (1,31 Meter) Höhe und $^1/_2$ Zoll (1,40 Centimeter) Wandstärke befindet sich ein starker, inwendig hohler, messingner Plungerkolben, dessen Durchmesser $10^5/_8$ Zoll (25,5 Centimeter) beträgt. Dieser Plungerkolben ist noch mit einem zweiten Kolben fest verbunden, welcher vermittelst Liderung luftdicht an die innere Stiefelwand schließt, außerdem aber mit einem Glocken- oder Doppelsitzventile versehen ist, welches sich nach oben öffnet. Oberhalb geht der Plungerkolben durch eine Stopfbüchse, die am Kopfe des Stiefels fest geschraubt ist.

Das Saugventil wie das Druckventil sind wie das Kolbenventil ebenfalls doppelsitzig.

Nach den sorgfältigsten Messungen und Rechnungen, mit Beachtung aller vorhandenen passiven Widerstände ist zum Aufziehen des Ventilkolbens, der einen Querschnitt von 1,227 □Fuß (0,1 □Meter), während der Plungerkolben nur einen solchen von 0,612 □Fuß (0,05 □Meter) hat, unter Voraussetzung von 50,75 Fuß (15 Meter) totaler Hubhöhe des Wassers eine Kraft erforderlich von 2768 Pfund, so wie sich die bei dem Niedergange des Kolbens erforderliche Kraft berechnet zu 1965 Pfund. Da ferner jeder Kolbenweg 4 Fuß (1,16 Meter) beträgt, so ergiebt sich für jeden Doppelhub eine mechanische Arbeit von $(2768 + 1965)\,4 = 18935$ Fußpfund, folglich auch für beide Kolben, da zwei Stiefel vorhanden sind, die aufzuwendende Arbeit zu 37871 Fußpfund, oder pr. Sekunde, die Zeit eines Doppelhubes zu 4,615 Sekunden angenommen, 8206 Fußpfund, was in Maschinenpferdekräften (à 550 Fußpfund) 14,9 Pferdekräfte beträgt.

Berechnet man die zur Bewegung des ganzen Pumpwerks erforderliche Arbeit, ohne Beachtung der vorhandenen passiven Widerstände, so erhält man $\frac{2 \cdot 53 \cdot 1{,}227 \cdot 50{,}75}{550} \cdot \frac{4{,}0}{4{,}615} = 10{,}40$ Pferdekräfte. Hienach verzehren sämmtliche Widerstände circa 30 Procent.

Zur Beurtheilung des Wirkungsgrades der Pumpen in Hinsicht auf das gelieferte Wasserquantum wurde nach angestellten Versuchen folgendes Resultat erhalten. Die theoretische Wassermenge für beide Pumpen bei einem Wasserradumgange ist 9,704 Cubikfuß (0,242 Cubikmeter), während die Pumpen für einen Radumgang nur 8,8 Cubikfuß (0,22 Cubikmeter) lieferten, wonach sich der Wirkungsgrad zu 92 Procent berechnet.

## 9) Die Wasserhebungsmaschinen der Wasserwerke zu Wolverhampton.

Ein paar Maschinen sind einfachwirkend und arbeiten ohne Condensation. Die Dampfcylinder haben jeder 36 Zoll (0,9 Meter)

Durchmesser und 9 Fuß 6 Zoll (2,85 Meter) Hub. Die Pumpen sind 13 Zoll (32,9 Centimeter) weit und heben das Wasser gegen 300 Fuß (91,2 Meter) hoch. Der Dampf hat bei seinem Eintritt 35 Pfund Spannung und wird bei $^2/_3$ des Kolbenhubes abgesperrt. Die beiden Kessel sind cylindrisch, 26 Fuß (7,8 Meter) lang und 6 Fuß (1,8 Meter) weit mit zwei Feuerröhren von 25½ Zoll (64,0 Cubikmeter) Durchmesser. Die Pumpenventile sind Ringventile mit einer Spindel in der Mitte, bestehen aus verzinktem Gußeisen und ruhen auf Sitzen aus Palmenholz. Der Querschnitt des Saugventils beträgt 325 □Zoll (0,0174 □Meter) und der des Steigventils 163 □Zoll (0,0087 □Meter). Diese bedeutende Querschnittsvermehrung des Saugventils hat sich vorzüglich da gut bewährt, wo die Geschwindigkeit des Kolbens beim Aufgange groß ist.

Die Hubzahl in der Minute schwankt von 3—4 bis 10—11 mit einer durchschnittlichen Kolbengeschwindigkeit von 130—140 Fuß (39—42 Meter) in der Minute und die bei einem Hube gehobene Wassermenge beträgt 56 Gallons (0,2544 Cubikmeter). Die Maschinen heben 27000000 Pfund (12231000 Kilogramm) in der Minute 1 Fuß (0,3 Meter) hoch und verbrauchen dabei 1 Zentner (50,8 Kilogramm) ordinäre Kleinkohle.

Die andere Wasserhebungsmaschine ist eine Niederdruckmaschine mit Condensation. Der Cylinder hat 48 Zoll (1,2 Meter) Durchmesser und 8 Fuß (2,4 Meter) Kolbenhub; die Kessel sind 30 Fuß (9,0 Meter) lang und 7 Fuß (2,1 Meter) weit mit zwei Röhren von 2 Fuß (0,6 Meter) Durchmesser außerhalb der Feuerung und mit elliptischem Querschnitt von 2 Fuß (0,6 Meter) und 2 Fuß 4 Zoll (0,7 Meter) Axenlänge an der Feuerstelle. Der Dampfdruck beträgt 15 Pfund auf den □Zoll. Die Pumpen heben das Wasser aus einem Schachte von ungefähr 90 Yards (82,26 Meter) Tiefe und diese Tiefe ist in zwei Sätze von je 45 Yards (41,13 Meter) getheilt. Der Durchmesser des unteren Pumpensatzes ist 14 Zoll

(35 Centimeter) und der des oberen $13^1/_2$ Zoll (33,8 Centimeter). Die Ventile sind Ringventile aus Messing mit Messingsitzen. Die mittlere Kolbengeschwindigkeit ist 100 Fuß (30 Meter) in der Minute und die Hubwassermenge 48 Gallons (0,2181 Cubikmeter). Die Gesammtbelastung beträgt 19305 Pfund oder 130 Pfund auf den □Zoll des Pumpenkolbens, oder endlich $10^1/_2$ Pfund auf den □Zoll des Dampfkolbens. Der Dampf wird beim halben Hube abgesperrt. Die Leistung der Maschine beträgt 40000000 Fußpfund in der Minute bei einem Verbrauche von 1 Zentner ordinärer Kohle.

Bei den zuerst beschriebenen Maschinen beträgt die Gesammtbelastung 17160 Pfund oder 130 Pfund auf 1 □Zoll des Pumpenkolbens, oder $16^3/_4$ Pfund auf 1 □Zoll des Dampfkolbens.

## 10) Das Wasserwerk zu Herrenhausen bei Hannover.

Das Gefälle, unter welchem die Wasserräder arbeiten, ist abgetheilt in den unteren Theil des 4 Fuß 4 Zoll (1,26 Meter) hohen Druck- oder Kropfgefälles und in den oberen des Stoßgefälles, welches je nach der Höhe des Wasserstandes der Leine 5—7 Fuß (1,45—2,0 Meter), durchschnittlich 6 Fuß (1,75 Meter) beträgt. Der Spiegel des Unterwassers ist ebenfalls bedeutenden und schnell kommenden Veränderungen unterworfen. Das Gesammtgefälle beträgt demnach etwa 11 Fuß (3,2 Meter). Die beiden Wasserräder sind Kropfräder mit einem äußeren Durchmesser von 29 Fuß (8,46 Meter) und einer Breite von 11 Fuß 10 Zoll (3,44 Meter). Am Radumfange befinden sich 45 Stück gekröpfte, $2^1/_2$ Fuß (0,73 Meter) hohe Schaufeln. Die Radwelle ist von Schmiedeisen mit vollem, cylindrischem Querschnitt, der in der Mitte 15 Zoll (0,365 Meter) und an den beiden Enden der Welle 12 Zoll (0,292 Meter) Durchmesser hat und ist das Gewicht einer solchen Welle 8,0 Zentner. Das Rad besteht aus drei gußeisernen Kränzen, wovon jeder

aus neun Felgen zusammengesetzt ist; die Radarme sind von Eichenholz.

Jedes Kopfende der Wasserradwelle ist mit einer Kurbel versehen, durch welche die darüber liegenden Balanciers bewegt werden; unter den Balanciers am äußeren Ende derselben befinden sich zwei doppeltwirkende Pumpen von 16 Zoll (0,4 Meter) Lichtweite und $4^3/_4$ Fuß (1,4 Meter) Kolbenhub.

Zu dem Pumpensystem einer jeden Maschinenabtheilung gehört noch eine dritte kleine Pumpe, die ebenfalls doppeltwirkend ist, aber nicht wie die beiden großen Pumpen vertikal steht, sondern eine horizontale Lage hat. Der Zweck dieser kleinen Pumpe ist die Verminderung der Kolbenstöße.

Die Summe der Geschwindigkeiten der beiden großen Pumpenkolben ist nämlich ein Minimum = 1, wenn die eine Kurbel lothrecht und die andere horizontal steht, und sie erreicht ein Maximum $= 2 \cdot \sin \cdot 45^\circ = 1{,}41422$, wenn die Kurbeln um eine Achteldrehung weiter gerückt oder unter einem Winkel von 45°, beziehungsweise 135° gegen die Vertikale stehen. Diese Differenz in der Geschwindigkeit der beiden großen Pumpenkolben wiederholt sich bei jedem Radumgange viermal und beträgt jedesmal $1{,}41422 - 1 = 0{,}41422$.

Die kleine Pumpe hat nun eine Hubcapacität von = 0,41422 von derjenigen einer großen Pumpe, sie macht ferner doppelt so viele Kolbenspiele pr. Minute als diese und der Kolben der kleinen Pumpe befindet sich immer auf halbem Hube, wenn eine der großen Pumpen ausgehoben hat. Bei diesem Kolbenspiele ist daher die Gesammtleistung der Wasserlieferung bei ausgehobenem Kolbenstande für eine der großen Pumpen $= 1 + 0{,}41422$ und wenn die Kurbel der letzteren um einen Achtelkreis, die der kleineren um einen Viertelkreis fortgerückt ist $= 1{,}41422 + 0$, also eben so groß.

Die vier großen Pumpen der beiden Wasserräder sind durch einen 14 Zoll (34 Centimeter) hohen, gußeisernen Fundamentrahmen

mit einander verbunden. Jedes Ventilsystem der Pumpen hat einen kleinen Windkessel, der die aus den Pumpen kommende Luft absorbirt, während das ganze Pumpensystem ein gemeinschaftliches Druckrohr von 18 Zoll (44 Centimeter) Lichtweite und einen großen gemeinschaftlichen Windkessel von 19 Fuß (5,25 Meter) Höhe und 5 Fuß (1,46 Meter) Lichtweite hat.

Die Kolbenkörper sind wie die inneren Pumpenwände von Kanonenmetall. Auf ihrem äußeren Umfange befinden sich drei eingedrehte, 1/2 Zoll tiefe Nuthen und in jeder Nuthe ein genau und scharf hineinpassender Lederring, der aus drei Lederstücken zusammengenäht ist, und zwar in einem ringsum geschlossenen Stücke.

Die Lederringe sind auf allen Seiten genau abgedreht und werden zunächst in warmem Wasser aufgeweicht, dann auf den äußeren Kolbendurchmesser gewaltsam erweitert, wonach man sie bis zur Nuthe überzieht und hier durch Erwärmung des Kolbenkörpers wieder so zusammenschwinden läßt, daß sie sich in den Nuthen überall fest anlegen, wobei durch Klopfen nachgeholfen wird. In der Mitte der oberen und unteren Nuthe sind ringsum 12—14 kleine Löcher in den Kolben gebohrt, welche in schräger Richtung auf der oberen und unteren Kolbenfläche ausmünden und dadurch dem Wasserdrucke gestatten, in der Pumpe hinter die Lederringe zu treten und diese gegen die Pumpenwand zu treiben.

Bei den vier großen Pumpen sind Klappen- und bei den zwei kleinen Glockenventile angewendet. Die Klappenventile haben ihren Aufschlag nicht wie gewöhnlich am Umfange des Ventilgehäuses, sondern in der Mitte derart, daß sie sich von ihrer Drehaxe am Rande des Gehäuses schräg ansteigend nach der Mitte erheben, wo ihr Aufschlag durch einen quer über den Ventilöffnungen angebrachten Steg gebildet wird.

## 11) Wasserhebmaschine für eine Kohlengrube bei Charlerois im Hennegau.

Der Dampfcylinder hat 6 Fuß (1,75 Meter) Durchmesser und der Kolbenhub beträgt 7 Fuß 11½ Zoll (2,32 Meter). Die Dampfkolbenstange, an dem einen Ende des Balancier befestigt, pflanzt ihre Bewegung auf das am entgegengesetzten Ende angehängte Schachtgestänge hinüber. Vom Mittel des Drehpunktes des Balancier bis zum Mittel des Dampfcylinders sind 14 Fuß 11 Zoll (4,0 Meter) und bis zur Axenlinie des Schachtgestänges 11 Fuß 11¾ Zoll (3,48 Meter); mithin kann der Hub in den Schachtpumpen 6 Fuß 2½ Zoll (1,8 Meter) sein. Der Dampf wirkt von oben auf den Kolben.

Ist der Dampfkolben wiederum am Ende seines Laufes, also auf seinem höchsten Punkte angekommen, so öffnet sich durch die Steuerung das Dampfeinlaßventil und der Kolben geht wieder nieder. Während des Niederganges des Kolbens ist das Dampfauslaßventil offen, mithin die Verbindung des Cylinders mit dem Condensator hergestellt. Hat der Kolben etwa ein Viertel seines Weges abwärts vollendet, so packen die an der Steuerstange befestigten Tatzen einen Hebel und das Dampfeinlaßventil wird geschlossen, so daß der Dampf nur noch durch Expansion wirkt.

Der Balancier ist auf der Seite des Dampfcylinders mit Gegengewichte beschwert. Die Maschine hat eine Leistung von 175 Pferdekräften.

Eine andere, direkt wirkende Wasserhebungsmaschine eines Bergwerkes hat einen Dampfcylinder von 4 Fuß (1,16 Meter) Durchmesser und einen Kolbenhub, der hier gleich dem Hube der Pumpen ist, von 8 Fuß (2,32 Meter). Zahl der Kolbenspiele pr. Minute gleich 8 bis 10. Zahl der Pumpen ist 8, wovon 7 Druck- und die unterste eine Saug- und Hebepumpe ist.

Durchmesser eines Pumpenkolbens = 2 Fuß (0,58 Meter); Tiefe des Schachtes 1000 Fuß (291 Meter), Gewicht des Schachtgestänges und der Wassersäule der untersten oder der Saug- und Hebepumpe 63200 Pfund. Gewicht der Wassersäule der 7 Druckpumpen 31600 Pfund. Kraft, um das Schachtgestänge zu heben, 152 Pferdekraft. Wirklich gelieferte Wassermenge pr. Kolbenspiel 118 Liter. Die Maschine verzehrt pr. Stunde und pr. Pferdestärke 9 Pfund Kohlen.

## 12) Pumpenanlage zur Wasserversorgung der Stadt Perigueux von Oberingenieur Harlé.

Zur Wasserhebung wird sowohl Dampf- als Wasserkraft verwendet.

Um das Gefälle des Betriebswassers von 2,0 Meter bei der Unregelmäßigkeit des Wasserzuflusses möglichst vortheilhaft auszubeuten, wurde ein Kropfrad mit Ueberfallschütze eingebaut. Dieses Rad erhielt 4,5 Meter Durchmesser, 2,1 Meter Breite und wurde mit seiner Axe 0,15 Meter über dem Oberwasserspiegel gelegt.

Die Pumpen arbeiten nach unten und erhalten ihre Bewegung vom Wasserrade durch eine Uebersetzung in das Dreifache; das vom Wasserrade getriebene Zahnrad hat 3 Meter, die Getriebe an den Kurbelwellen der Pumpen haben 1,0 Meter Durchmesser.

Die Dampfmaschine ist horizontal, für veränderliche Expansion eingerichtet und arbeitet ohne Condensation. Der Kolbendurchmesser ist 0,2 Meter, der Kolbenhub 0,4 Meter, die Kesselspannung $6\frac{1}{2}$ Atmosphären, die Umdrehungszahl 80 pr. Minute. Bei $\frac{1}{4}$ Füllung beträgt die Leistung $4\frac{1}{2}$ Pferdestärken, bei $\frac{1}{2}$ Füllung $6\frac{1}{2}$ Pferdestärken. Der Kessel hat 9 □Meter Heizfläche. Die Dampfmaschine wird mit der Pumpenanlage durch ein kleines Getriebe verbunden, welches auf seiner Welle verschiebbar ist.

Zur Wasserhebung dient ein System von zwei vertikalen

Pumpen, die so mit einander verbunden sind, daß bei dem abwechselnden Kolbenspiele die bewegten Theile der einen denen der anderen das Gleichgewicht halten.

Die Ventilkammer ist den beiden Pumpenkörpern gemeinschaftlich und liegt in der Mitte zwischen denselben so, daß sie beiden zugleich dient. Sie enthält vier Klappenventile; die Saugventile liegen unter den Druckventilen und alle sind um 45° gegen den Horizont geneigt. Die Pumpenkolben sind sogenannte Plungerkolben und haben einen Durchmesser von 0,22 Meter und 0,9 Meter Hub. Dieß entspricht für den Kolbenhub einer Pumpe einer Wassermenge von 34 Liter, für den Kolbenhub beider Pumpen einer Wassermenge von 68 Liter und bei 15 Kolbenspielen pr. Minute einer Lieferung von 1500 Cubikmeter täglich. Das Wasserrad macht bei einer Umfangsgeschwindigkeit von 1,77 Meter pr. Sekunde fünf Umdrehungen in der Minute und der Nutzeffekt der ganzen Anlage beläuft sich auf 17 Liter in der Sekunde 31 Meter hoch gehoben oder 527 Meterkilogramm gleich 7 Pferdestärken.

Dadurch daß die Pumpenkörper möglichst tief unter die Kurbeln gelegt und die Querhäupter der Plungerkolben unten angebracht sind, ist es möglich geworden, den Kurbelstangen 3,15 Meter Länge zu geben und doch die verschiedenen Theile der Maschinen einander verhältnißmäßig nahe zu legen.

Jede Kurbelstange besteht ans einem kurzen Stück Stange, das oben an der Kurbelwarze befestigt ist, und unten in ein horizontales Querhaupt endigt; dann zwei an den Enden dieses Querhauptes befestigten langen Stangen, welche neben den Pumpenkörpern niederwärts geführt und unten an das Querhaupt des Plungerkolbens sich anschließen. Zur Geradführung der Kolbenquerhäupter dienen sowohl Geleise unterhalb der Pumpenkörper, als auch Kolbenstangen, welche durch Stopfbüchsen in den Deckeln der Pumpencylinder nach oben hinausgeführt sind.

Die Pumpenkörper endigen unten in viereckige Platten, mit

denen sie auf der Fundamentplatte befestigt sind, und letztere ruht auf einem gemauerten Fundament.

Die Entfernung der Kurbelaxen von einander beträgt 1,15 Meter und ist so gewählt, daß die beiden Kurbeln gerade an ein- einander vorübergehen können, ohne sich zu berühren.

## 13) Das Wasserwerk der Stadt Kitzingen am Main.

Das Wasser wird aus dem Main bis auf eine senkrechte Höhe von 175 Fuß (49 Meter) mittels einer 1800 Fuß (524 Meter) langen und 6 Zoll (0,145 Meter) weiten Steigrohrleitung durch die Pumpen gehoben.

Das Pumpwerk selbst besteht aus zwei doppeltwirkenden, senkrecht stehenden Pumpen von $6\frac{1}{2}$ Zoll (15,2 Centimeter) Kolbendurchmesser und 2 Fuß $8\frac{3}{4}$ Zoll (0,79 Meter) Hubhöhe; die beiden Pumpen erhalten ihre Bewegung durch zwei unter einem rechten Winkel gegen einander verstellte und an den Kopfenden einer gemeinschaftlichen Schwungradwelle befindliche Kurbeln.

Die Pumpen haben einen gemeinschaftlichen Druckwindkessel von 3 Fuß (0,87 Meter) Durchmesser und 10 Fuß (2,91 Meter) Höhe, sowie an ihrem Fuße einen gemeinschaftlichen Saugwindkessel von derselben Weite, aber nur 5 Fuß (1,45 Meter) Höhe. Von dem Saugwindkessel bis zu dem Saugbrunnen im Flusse hat das Saugrohr, das eine Lichtweite von 0,75 Fuß (0,22 Meter) hat, noch eine Länge von 50 Fuß (14,55 Meter) mit einer mittleren Saughöhe von 20 Fuß (5,8 Meter).

Jede Pumpe steht mit einer doppeltwirkenden Hochdruckdampfmaschine, deren Schubstange an dieselbe Kurbelwarze wie die Pumpenkolbenstange gekuppelt ist, in Verbindung. Die beiden Dampfmaschinen sowie auch die beiden Pumpen können daher gemeinsam arbeiten oder auch nur einzeln in Benützung sein.

Die beiden liegenden Dampfmaschinen arbeiten mit Expansion

und es haben die Cylinder einen Durchmesser von 11¾ Zoll (28,5 Centimeter) und eine Schublänge von 2 Fuß 8¾ Zoll (0,79 Meter), also, weil sie direktwirkend sind, gleich dem Kolbenhub der Pumpen.

Die beiden Dampfkessel haben eine Länge von 16 Fuß (4,64 Meter) und einen Durchmesser von 4 Fuß (1,16 Meter). Jeder Kessel hat durch seine ganze Länge zwei Feuerröhren von je 14 Zoll (34 Centimeter) Lichtweite.

Die Leistung der beiden Pumpen zusammen beträgt in 24 Stunden auf die Förderhöhe von 175 Fuß (49 Meter) 60000 Cubikfuß (1488 Cubikmeter) Wasser, wobei die Pumpen pr. Minute 18 Kolbenspiele machen; in Pferdestärken ausgedrückt ergiebt dieß eine Leistung von 12 Pferdestärken. Die Dampfmaschinen arbeiten mit 3 bis 3½ Atmosphären Ueberdruck im Dampfkessel und ist daher jede einzelne Maschine für sich im Stande, den Effekt von 12 Pferdestärken zu erzielen.

Der Kohlenverbrauch ist pr. Stunde und pr. Pferdestärke Nutzeffekt 12 Pfund.

### 14) Das Tullnauer Wasserwerk der Stadt Nürnberg

besteht aus zwei selbständigen Wasserhebungsmaschinen, wovon immer eine in Reserve ist, während die andere arbeitet. Jede Maschine besteht aus einer doppeltwirkenden, liegenden Dampfmaschine mit zwei doppeltwirkenden, liegenden Pumpen. Die Bewegung des Dampfkolbens wird durch ein Vorgelege, dessen Uebersetzung gleich 1 : 4 ist, zuvörderst auf eine Arbeitswelle übertragen, an deren Kopfenden sich die unter einem Winkel von 90° gegen einander gestellten Kurbeln befinden, an welche die Schubstangen der Pumpenkolben gehängt sind. Das Schwungrad sitzt auf einer Welle mit dem Getriebe, erhält also seine Bewegung direkt von dem Dampfkolben. Die Pumpenkolben machen 7 bis 10 Spiele pr. Minute,

während das Schwungrad und die Dampfkolben die vierfache Umdrehungszahl für dieselbe Zeit haben.

Der Dampfcylinder hat 2 Fuß (0,58 Meter) Lichtweite und 3 Fuß (0,87 Meter) Schublänge, während die Pumpencylinder 1,2 Fuß (0,348 Meter) Durchmesser und 2,2 Fuß (0,638 Meter) Hubhöhe haben. Die beiden Pumpen können demnach bei 10 Kolbenspielen pr. Minute in 24 Stunden circa 120000 Cubikfuß (2976 Cubikmeter) Wasser fördern, wozu für eine Druckhöhe von 150 Fuß (43,6 Meter) eine Maschinenkraft nöthig ist von:

$$\frac{120000 \cdot 44 \cdot 150}{86400 \cdot 460} = 20 \text{ Pferdestärken Nutzeffekt.}$$

Das gemeinschaftliche Druckrohr hat eine Lichtweite von 1,0 Fuß (0,291 Meter), sowie der Druckwindkessel seine solche von 3 Fuß (0,87 Meter) und eine Höhe von 10 Fuß (2,81 Meter) hat, während der Saugwindkessel bei derselben Lichtweite nur 5 Fuß (1,45 Meter) Höhe hat.

Die Dampfkessel haben eine Länge von 30 Fuß (8,73 Meter) und circa 4 Fuß (1,164 Meter) Durchmesser; der Rost ist für abwechselungsweise Beschickung durch eine Mauerzunge in zwei Hälften getheilt und hat eine Länge von $2\frac{1}{2}$ Fuß (0,725 Meter) und eine Breite von $2\frac{3}{4}$ Fuß (0,80 Meter).

Der Kohlenverbrauch ist ein sehr bedeutender, trotzdem die Dampfmaschinen mit Condensation und Expansion arbeiten. In 24 Stunden verbraucht nämlich eine Maschine mit zwei Pumpen 60 bis 70 Zentner Kohlen, was pr. Pferdestärke und pr. Stunde 10 bis 12 Pfund ergiebt.

## 15) Die Pumpen der Liverpooler Wasserwerke.

Bis zu Anfang des Jahres 1857 wurde alles für Liverpool geförderte Wasser aus Brunnen innerhalb und außerhalb der Stadt entnommen, welche in die dortige Gebirgsformation, den jüngeren,

rothen Sandstein, gegraben waren und aus denen das Wasser durch Dampfkraft gehoben wurde. Die Brunnen, aus denen die Maschinen das Wasser fördern, sind bis 200 Fuß (60 Meter) tief und von ihnen aus sind Tunnels oder Stollen bis auf eine Länge von 300 Fuß (90 Meter) nach verschiedenen Richtungen getrieben.

In nachfolgender Tabelle I sind die Hauptverhältnisse der Maschinen und Kessel und in Tabelle II die Beträge der durch das Pumpen verursachten Kosten während eines vollen Jahres zusammengestellt.

## 16) Kohlenverbrauch der Wasserhebungsmaschinen in Cornwall.

Die bekannten Wasserhebungsmaschinen auf den Kupfer- und Zinngruben in Cornwall sind durch ihre geschichtliche Vergangenheit, durch die hervorragende Stelle, welche sie in der Entwickelung der Dampfmaschinen überhaupt spielen, und namentlich durch ihren hohen ökonomischen Effekt sehr berühmt geworden.

Ueber die Leistungen und über den Brennverbrauch des größten Theiles der auf den Gruben in Cornwall arbeitenden Maschinen, erscheint jeden Monat ein gedruckter Rapport. In diesem Rapporte sind alle mechanischen Verhältnisse jeder einzelnen Maschinen- und Pumpenanlage in 16 Zahlenrubriken übersichtlich zusammengestellt. Im Monat Juni 1843 z. B. hatte die Taylor's Engine auf United Mines — eine Maschine von 85 Zoll Cylinderdurchmesser und 11 Fuß Kolbenhub — die höchste Leistung erzielt, und zwar hatte dieselbe nach dem Monatsrapporte mit 1 Bushel oder 94 Pfund Kohlen 104690718 Pfund Wasser 1 Fuß hoch gehoben. Die Leistung einer Pferdestärke pr. 1 Stunde zu 60·33000 Fußpfund = 198000 Fußpfund gesetzt, so würde jene Arbeit von $\frac{104690718 \text{ Fußpfund}}{198000 \text{ Fußpfund}} = 53$ Pferdestärken in 1 Stunde zu be-

Zu Seite 186.

| | Pferdestärken. | Anzahl. | Kessel. Länge. | | Weite. | | Gestalt. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Fuß | Zoll | Fuß | Zoll | |
| G | 70 | 3 | 26 | 0 | 5 | 9 | Cylindrisch. |
| | 77 | 3 | 26 | 0 | 5 | 9 | » |
| | 52 | 2 | 26 | 0 | 5 | 9 | » |
| W | 62 | 4 | 33 | 0 | 5 | 0 | » |
| B | 28 | 5 | 25 | 0 | 6 | 3 | Kofferkessel. |
| A | — | 2 | 20 | 0 | 6 | 6 | Cylindrisch. |
| D | 17 | 2 | 20 | 0 | 5 | 0 | » |
| B | 16 | 2 | 18 | 5 | 7 | 9 | Kofferkessel. |
| | | | 21 | 0 | 6 | 0 | Hufeisenförmig. |
| S | 27 | 2 | 21 | 7½ | 7 | 0 | Kofferkessel. |
| | | | 22 | 0 | 6 | 9 | |
| H | 12 | 1 | 19 | 0 | 6 | 2½ | » |
| W | 24 | 2 | 30 | 0 | 6 | 6 | Cylindrisch. |
| | | | 24 | 0 | 8 | 0 | Kofferkessel. |

| Stationen. | Reparaturen. Im ganzen Jahre. | | | Auf eine Million Gallons. | | Auf 1000 Gallons. | Summe der Kosten. Im ganzen Jahre. | | | Auf eine Million Gallons. | | | Auf 1000 Gallons. | Gesammtkosten für 1 Million Gallons 100 Fuß hoch zu heben. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pf. | Sh. | P. | Sh. | P. | P. | Pf. | Sh. | P. | Pf. | Sh. | P. | P. | Pf. | Sh. | P. |
| Greenlane | 405 | 16 | 10 | 7 | 7 | 0,091 | 2484 | 0 | 1 | 2 | 6 | 7 | 0,559 | 0 | 16 | 11 |
| Windsor | 105 | 1 | 0 | 5 | 7 | 0,067 | 921 | 16 | 4 | 2 | 9 | 2 | 0,590 | 0 | 17 | 2 |
| Bootle | 73 | 2 | 11 | 5 | 2 | 0,062 | 986 | 2 | 8 | 3 | 9 | 1 | 0,829 | 2 | 0 | 8 |
| Audleysteet, Devonshire | 40 | 11 | 2 | 4 | 6 | 0,054 | 547 | 1 | 10 | 3 | 1 | 10 | 0,742 | 2 | 18 | 4 |
| Bush | 30 | 12 | 5 | 6 | 2 | 0,074 | 569 | 9 | 6 | 5 | 15 | 8 | 1,388 | 2 | 10 | 9 |
| Soho | 115 | 17 | 11 | 13 | 1 | 0,157 | 839 | 6 | 7 | 4 | 15 | 2 | 1,142 | 1 | 18 | 6 |
| Hothamstreet | 47 | 8 | 6 | 10 | 4 | 0,124 | 551 | 14 | 3 | 6 | 0 | 5 | 1,445 | 2 | 18 | 9 |
| Waterstreet | 42 | 15 | 2 | 5 | 4 | 0,164 | 697 | 16 | 10 | 4 | 9 | 0 | 1,068 | 1 | 14 | 8 |
| Summe od. Durchschnitt | 861 | 6 | 8 | 7 | 1 | 0,065 | 7597 | 8 | 1 | 3 | 2 | 9 | 0,753 | 1 | 19 | 6 |

schaffen sein und der Kohlenverbrauch pr. 1 Pferdestärke und 1 Stunde ist also $\frac{94 \text{ Pfund}}{53} = 1{,}8$ Pfund gewesen.

Die Taylor Engine galt derzeitig als eine der vollkommensten in ihren ökonomischen Resultaten. Der Rapport enthält eine große Menge Maschinen mit erheblich geringerem Effekt, doch wird keine darunter zu finden sein, welche mehr als 3—4 Pfund Kohlen pr. Pferdestärke und Stunde braucht.

Die Leistung der auf den East London Waterworks aufgestellten Cornwall'schen Maschinen beträgt pr. 1 Bushel Kohlen 97000000 Fußpfund, wobei immer zu berücksichtigen ist, daß nur Kohlen vorzüglichster Qualität verwendet werden.

## 17) Hilfsdampfgezeug einer Newcastler Steinkohlengrube.

Auf einer Steinkohlengrube, auf welcher jetzt der Abbau tiefer umgeht als der Kunstschacht und wo ungefähr 150 Gallonen (0,86 Cubikmeter) Grundwasser zu bewältigen sind, hat man zur Trockenlegung des jetzigen Abbaufeldes folgendes Dampfgezeug aufgestellt.

Als Motor dient eine unterirdische Dampfmaschine mit zwei liegenden 11zölligen (28 Centimeter) Cylindern für 2 Fuß (0,6 Meter) Hub, welche aus einem über Tag aufgestellten Dampfkessel gespeist wird. Die Dampfrohre sind zunächst dem Kessel auf 277 Fuß (84 Meter) Länge 7 Zoll (17,75 Centimeter) weit, weil sie den Dampf für zwei Maschinen herbeizuführen haben, dann auf weitere 274 Fuß (83 Meter) Länge nur 5 Zoll (12,7 Centimeter) weit. Diese Rohre sind mit abgedrehten Flantschen und eingelegten Kautschukringen gedichtet und 9 Fuß (2,73 Meter) lang; sie sind auf die ganze Länge eingemauert, um weniger Wärme zu verlieren und die Wetterstrecke nicht zu sehr zu erwärmen. Die Dampfabströmungsrohre sind 300 Fuß (91,4 Meter) lang bis ins Schachttiefste, 7 Zoll (17,75 Centimeter) weit und in 9 Fuß (2,73 Meter) langen

Stücken mit Muffen und Patentkitt gedichtet. Ehe der Dampf in die Cylinder gelangt, tritt er in einen Behälter; seine Pressung beträgt im Kessel 35 Pfund ($17^1/_2$ Kilogramm) und ist bei der Maschine nicht wesentlich geringer.

Das Gestänge wird durch Vorgelege bewegt und seine Umsetzung erfolgt wie 5 : 3; der Hub des Gestänges beträgt 2 Fuß 4 Zoll (70 Centimeter). Dieses Gestänge, dessen totale Länge 2434,5 Fuß (740 Meter) beträgt, ist aus gutem Fichtenholz gefertigt. Die 18 Fuß (5,4 Meter) langen Stangen sind bei der Maschine auf 600 Fuß (182 Meter) 4 Zoll (10 Centimeter) stark und 4,5 Zoll (11,4 Centimeter) hoch; die übrige Länge hat 5 Zoll (12,7 Centimeter) Höhe bei 3 Zoll (7,6 Centimeter) Breite; sie sind wie gewöhnlich mit eisernen Laschen mit einander verbunden. Dieses Gestänge wird von 4 Zoll (10 Centimeter) starken und langen gußeisernen Walzen in Abständen von 18 Fuß (5,4 Meter) von einander getragen, die wieder in gußeisernen Böckchen liegen.

Das Gezeug besteht aus zwei vertikalen Druckpumpen, welche an den beiden Enden eines kurzen eisernen Balanciers angehängt sind. Am Mittelarme des letzteren greift das Gestänge an. Demnach arbeitet ein Drucksatz beim Vorwärts-, der andere beim Rückwärtsgange. In der Minute erfolgen 40 Hübe. Die Plungerkolben haben $7^3/_4$ Zoll (19,7 Centimeter) Durchmesser und 30 Zoll (76,2 Centimeter) Hub, liefern also pr. Minute circa 204 Gallonen (0,927 Cubikmeter) Wasser. Die Steigrohre nach dem Sumpfe der Dampfkunst sind 556,5 Fuß (169 Meter) lang und aus 9 Fuß (2,7 Meter) langen Röhren von 7 Zoll (17,7 Centimeter) Weite mit abgedrehten Flantschen und Kautschukringen gedichtet. Die Höhe bis in den Sumpf beträgt 40 Fuß (12 Meter) und die totale Rohrlänge 2559 Fuß (778 Meter). Dieses Gezeug ist fast unausgesetzt, Tag und Nacht, im Gang und berechnen sich die Kosten pr. 1 Tonne (1454 Liter) Wasser auf $^1/_5$ Penny, ohne Kohlen und Kapitalzinsen.

Da der ganze Betrieb der Grube von diesem Gezeuge abhängig ist, welches nur 54 Gallons (0,247 Cubikmeter) Reserve hat, und da eine Vermehrung der Grundwasser mit Sicherheit zu erwarten stand, so wurde noch ein Hilfsgezeuge errichtet, welches durch das Seil der unterirdischen Fördermaschine bewegt wird.

Die Maschine, welche das Seil bewegt, ist eine zweicylindrige horizontale Maschine unter Tage, welche die Kohlen aus demselben Felde aufholt, von welchem das Wasser zu heben ist. Die Seilkörbe sind 4,5 Fuß hoch und werden durch Vorgelege mit $^3/_5$facher Umsetzung getrieben; das Seil hat $2^3/_8$ Zoll (6 Centimeter) im Umfang und wiegt 5 Pfund pr. Fathom (1,24 Kilogramm pr. Meter). Der Abstand von der Maschine bis zur Pumpe beträgt 1084,5 Yards (991 Meter) und die letztere wird durch folgende Vorrichtung bewegt. Das Seil geht am unteren Ende der Seilebene über eine Rolle mit einer V förmigen Rinne im Umfange, welche 4 Fuß 8 Zoll (1,42 Meter) hoch ist. An der Axe dieser Rolle sitzt eine Kurbel und an diese ist die Lenkerstange des Kolbens einer horizontal liegenden, doppeltwirkenden, eincylindrigen Druckpumpe angeschlossen, welche 6 Zoll (15,2 Centimeter) Kolbendurchmesser und 18 Zoll (45,7 Centimeter) Hub besitzt und also pr. Umgang 3,66 Gallonen (0,0166 Cubikmeter) Wasser liefert. Da täglich 40 Züge aufgeholt werden und jeder Zug, exclusive Stillstand nur 8 Minuten Zeit erfordert, so macht die Pumpe bei jedem Zuge 884 einfache Hübe und es beträgt mit Rücksicht auf die Stillstände ihre Leistung durchschnittlich pr. Minute 100 Gallonen (0,454 Cubikmeter).

## 18) Einfaches Kunstgezeug durch eine Locomobile betrieben.

Zu Puy le Vigne wird ein Zinnlager abgebaut; der Hauptschacht besitzt zur Zeit nur 42 Meter Tiefe und die Baue gehen über vier verschiedene Strecken bei 12 bis 38 Meter Tiefe unter

Tage um. Man muß auf eine Grundwassermenge von 600 Litern pr. Minute rechnen, so daß ohne eine maschinelle Wasserhaltung nicht auszukommen war, obschon man andererseits eine kostspielige Maschine nicht aufstellen konnte, auch ein Gezeug haben mußte, welches mit dem Tieferwerden der Grube allmählig fortrückte.

Unter diesen Umständen hat man in diesem Schachte, wo die Zugänge im Tiefsten ungefähr 300 Liter pr. Minute betragen, zwei Pumpen aufgestellt, welche 400 bis 450 Liter Wasser zu heben im Stande sind und neben denen bei zunehmendem Bedürfniß noch zwei Pumpen angebracht werden können, welche 450 bis 900 Liter Wasser zu heben vermögen. Diese Pumpen hängen an zwei Kunstgestängen, welche von einer locomobilen Dampfmaschine aus mittels Riemenvorgelege und einer Krummzapfenwelle bewegt werden. Jede der beiden Pumpen wird von einem besonderen Riemen getrieben. An jedem Gestänge hängt eine Pumpe und die untere hebt der um 20 Meter höher liegenden oberen Pumpe zu. Die Gestänge haben beim Auf- und Niedergange gleich viel zu arbeiten und sind aus Schmiedeisen aus 3 bis 4 Meter langen Stangen zusammengesetzt, welche stumpf zusammengestoßen und mittels eines aus zwei Hälften bestehenden konischen Muffes aus Gußeisen verbunden sind.

Das Gestänge wird in gußeisernen Leitungen geführt, welche in 4 bis 5 Meter Abstand an den Schachthölzern befestigt sind. Jeder Satz saugt das Wasser 6 Meter hoch und hebt es dann auf 14 Meter Höhe.

Das unterste Ende der Saugrohre wird durch ein 1 Meter langes Kautschukrohr gebildet, welches durch eine Spirale von Eisendraht versteift ist; man schaltet nach und nach so viele Rohre ein, bis eine ganze Satzhöhe erreicht ist und ein neuer Satz aufgestellt werden kann. Beim Wegthun der Schüsse im Abteufen nimmt man die Rohre weg, und bewahrt sie auf der nächsten Bühne. Die Saugrohre selbst sind von Kupfer und 6 Centimeter weit, die Steigrohre ebenfalls von Kupfer und von zunehmender Weite,

nämlich am Cylinder des Satzes 6,2, oben 6,8 Centimeter weit. Diese Rohre sind 2 bis 4 Meter lang und mit gußeisernen Flantschen und je 3 Schrauben verbunden und mit Kautschuk gedichtet.

Die Kolben der Pumpensätze bestehen aus einem hohlen kupfernen Trichter, in welchem inwendig die Lederkappe liegt. Der Kolben hat 0,15 Meter Durchmesser und 0,37 Meter Hub. Ventile und Klappen bestehen aus einem kupfernen Ringe, der mit Leder belegt ist. Bei 40 Spielen pr. Minute liefert eine solche Pumpe 233 Liter.

Die sechspferdige Locomobile consumirt in 10 Stunden 200 Kilogramm Steinkohlen. Der gesammte Aufwand für dieselbe beträgt 12 Francs und sie betreibt außer den beiden Pumpen noch vier Stampfen von 47 Kilogramm Gewicht und zwei Ventilatoren von 0,32 Meter Durchmesser.

## 19) Der Kohlenverbrauch für den Dampfmaschinenbetrieb von Pumpwerken.

Die wichtigste Aufgabe bei jeder Anlage von Dampfmaschinen ist immer die Erzielung eines möglichst geringen Brennmaterialbedarfes, was jedoch nicht allein durch die Construktion der Maschine, sondern hauptsächlich auch durch eine sorgfältige Bedienung der Maschine während ihrer Thätigkeit erzielt werden kann. Ich will deßhalb mehrere Punkte, die von bedeutendem Einfluß in dieser Hinsicht sind, aufzählen.

Die Schornsteine sollen eine verhältnißmäßig große Weite bei nicht zu großer Höhe haben, damit die Geschwindigkeit der Verbrennungsgase nicht zu groß wird; eben deßhalb sollen auch die Feuerzüge eine entsprechende Weite haben. Man bewirkt dadurch eine ruhige, gleichmäßige Flamme, welche langsam um die Dampfkessel zieht und Zeit hat, ihre Wärme an dieselben abzusetzen.

Eine so langsame Verbrennung macht eine entsprechend große Heizfläche der Kessel nöthig, und wenn auch dadurch die An-

schaffungskosten für die Kessel erhöht werden, so erzielt man damit außer der Brennmaterialersparniß ferner noch den Vortheil, daß die Kessel eine viel längere Dauer haben.

In Cornwall, wo man bekanntlich sehr ökonomisch arbeitet, sind die Kessel cylindrisch von 30 bis 40 Fuß Länge, 6 bis 7 Fuß Durchmesser mit einem excentrisch eingebauten Feuerrohre von $3^1/_2$ bis 4 Fuß Lichtweite, an dessen vorderem Ende der Rost liegt. Der Rost ist nach hinten zu um 1 Zoll auf jeden Fuß Länge geneigt, und seine Länge übersteigt niemals 6 bis 7 Fuß, da eine größere Länge der sicheren Regulirung des Feuers hinderlich sein würde. Die Flamme zieht vom Roste durch das Feuerrohr, senkt sich an dessen hinterem Ende in einen Zug unter den Kessel, kehrt darin nach vorne zurück, vertheilt sich hier aufsteigend in zwei Seitenzüge, die sich hinter dem Kessel wieder vereinigen und zum Kamin führen.

Auf reines Speisewasser und reine Kesselwände ist besonders Gewicht zu legen. Die Flugasche, welche sich außen an die Kesselwand setzt, ist ebenso wie der feste Kesselstein im Innern des Dampfkessels, ein schlechter Wärmeleiter, welcher die Mittheilung der Wärme an das Wasser erschwert. Je reiner die Eisenwand, desto lebhafter und vollständiger ist diese Wärmetransmission. Reservekessel sind deßhalb sehr zu empfehlen, die für den Fall einer sorgfältigen Reinigung eines Kessels in Gebrauch genommen werden können. Das Kesselmauerwerk ist in jeder Beziehung so einzurichten, daß jede Stelle des Kessels zum Zwecke der Reinigung zugänglich ist.

Die Kessel sind zur Verhütung von Abkühlung 6 Zoll hoch mit Sägespähnen und diese wieder mit einer 1—2 Fuß hohen Sandlage zu überdecken. Die Dampfröhren, Dampfsammelbehälter, Ventilgehäuse, Maschinencylinder u. s. w. sind ebenfalls mit schlecht wärmeleitenden Materialien zu umhüllen. Den Dampfcylinder der Maschine kann man mit einem eisernen Mantel dampfdicht umgeben und in den Zwischenraum zwischen diesen Mantel und den Cylinder

wird mittels eines Rohres Dampf zugeführt. Der eiserne Mantel selbst wird wiederum mit einem hölzernen oder gemauerten Mantel umgeben und der Zwischenraum zwischen den beiden Mänteln mit Sägespähnen ausgefüllt. Es ist ferner von Vortheil, wenn man sogar die Stopfbüchse mit einer Dampfkammer zur Erwärmung versieht, damit die im Hochstande abgekühlte Kolbenstange vor ihrem Eintritt in den Cylinder von neuem wieder erwärmt wird.

Bei Ueberleitung der Dämpfe aus den Kesseln nach den Maschinen sind alle Anordnungen so zu treffen, daß kein Wasser aus den Kesseln mit fortgerissen wird, und daß alles Condensationswasser, welches der Dampf auf seinem Wege absetzt, wieder in den Kessel zurückfließen kann.

Ein solcher Wasserverlust ist nämlich immer ein doppelter; denn einmal ist es destillirtes, reines Wasser, das die Speisepumpe durch unreines wieder ersetzen muß, und dann geht die Wärme verloren, welche in dem Condensationswasser enthalten ist, während dasselbe bei seinem unmittelbaren Rücklaufe die freie Wärme des Dampfes behält und durch einen geringen Wärmezuschuß im Kessel gleich wieder zu Dampf wird. Man setzt daher hohe weite Dome auf die Kessel, und zwar auf das hintere Ende derselben, wo die Wasserfläche im Kessel entfernt von dem Rostfeuer am ruhigsten steht. In der Dampfrohrleitung werden Sammelbehälter angebracht und die Röhren haben große Lichtweite, wodurch man eine mäßige Dampfströmung erzielt, welche das Wasser nicht mit fortreißt. Die Kessel sollen tief unter dem Niveau der Maschine liegen, wodurch die Dampfröhren eine auffsteigende Richtung erhalten. In den Pausen der Maschinenthätigkeit und während der Dampf in dem Cylinder expandirt, findet dann der ungestörte Rücklauf des Condensationswassers in den Kessel statt.

Ein großer Fortschritt wurde durch die Einführung der Expansion hochgespannter Dämpfe gemacht. Welche Dampfersparniß in diesem Expansionsprincipe liegt, läßt sich durch eine einfache

Berechnung nach dem Mariotte'schen Gesetze leicht erkennen. Dampf von 44 bis 50 Pfund Spannung pr. □Zoll, wie er in hoch expandirenden Maschinen einzutreten pflegt, verrichtet bei einem Expansionsgrade gleich 1/8 oder 1/10, nach dem genannten Gesetze ermittelt, eine ebenso große Arbeitsleistung als eine dreifache Gewichtsmenge an Dampf, wenn dieser mit der entsprechenden geringeren Spannung ohne Expansion arbeiten würde.

Auf gleich vortheilhafte Weise wirkt auch die Condensation des Dampfes bei seinem Austritt aus dem Cylinder, wodurch vor dem Dampfkolben ein luftverdünnter Raum erzeugt und also der Gegendruck der atmosphärischen Luft möglichst vermindert wird.

Bezüglich einer möglichst ökonomischen Bedienung der Kesselfeuerung erscheint es vor Allem zweckmäßig, den Heizern die Kohlen vorzumessen oder vorzuwiegen. Die Kohlen sind in einer regelmäßigen Schicht von 6 bis 7 Zoll Dicke über den Rost gleichmäßig auszubreiten. Das Reinigen des Rostes sowie das Schüren soll möglichst selten in Zwischenräumen von mehreren Stunden geschehen, und ist zuvor jedesmal der Schieber zu schließen, um dadurch das Eindringen von kalter Luft, die Abkühlung der Züge und das Sinken der Dampfspannung im Kessel zu verhüten. Der Rost wird zuerst auf der einen Hälfte und dann auf der anderen gereinigt, beziehungsweise mit frischen Kohlen versehen.

Durch Beschaffung der besten und reinsten Kohlen erzielt man auch, daß der Rost reiner bleibt, die Verbrennung gleichmäßiger wird und das Schüren sowie die damit verbundene jedesmalige Abkühlung seltener nöthig ist, sowie auch, daß die große Wärmemenge, welche bei einer unreinen Kohle noch in den abgezogenen Schlacken enthalten ist, dadurch erspart wird.

# Alphabetisches Sachregister.

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.